

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DIVISIÓN DE CIENCIAS FORESTALES
MAESTRÍA EN CIENCIAS FORESTALES



QUEMA PRESCRITA EN BOSQUE DE *Pinus hartwegii*
Y SU IMPACTO EN EL POTENCIAL FORRAJERO
COMO APOORTE AL MANEJO INTEGRAL DEL FUEGO

TESIS QUE COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

PRESENTA:

Ing. Manuel Román Chavarría Sánchez



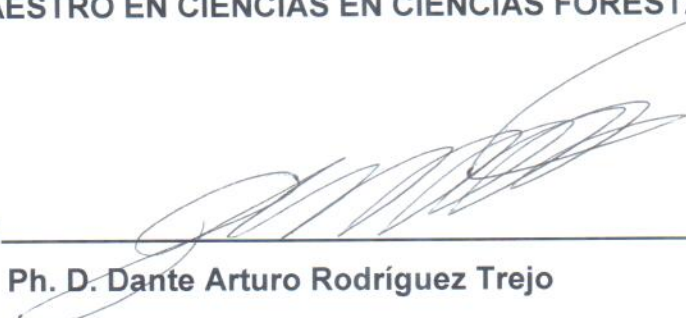
Chapingo, Estado de México, Noviembre 2009

QUEMA PRESCRITA EN BOSQUE DE *Pinus hartwegii*
Y SU IMPACTO EN EL POTENCIAL FORRAJERO
COMO APORTE AL MANEJO INTEGRAL DEL FUEGO

Tesis realizada por Manuel Román Chavarría Sánchez bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN CIENCIAS FORESTALES

CODIRECTOR:



Ph. D. Dante Arturo Rodríguez Trejo

CODIRECTOR:



Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández

ASESOR:



M. C. Javier Santillán Pérez

Chapingo, México 2009

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la Fe y esperanza que día con día me otorga para seguir cumpliendo mis metas y proyectos de vida.

A mi ALMA MATER, Universidad Autónoma Chapingo y al Postgrado de la División de Ciencias Forestales por el apoyo brindado para la realización de este proyecto de investigación el cual forma parte del Proyecto Ajusco de la UACH sobre ecología del fuego, manejo integral del fuego y restauración de áreas incendiadas.

Al Ph. D. Dante Arturo Rodríguez Trejo, por el apoyo incondicional para la realización de este proyecto, así como los consejos, observaciones, y jalones de oreja que me motivaron para seguir su ejemplo de ser una persona íntegra.

Al Ph. D. Pedro Arturo Martínez Hernández, por brindarme su amistad, apoyo, tiempo, y tener la exquisitez de ser asesorado tanto en lo profesional como en lo personal, por creer en mí en los momentos más difíciles en mi estancia en la maestría y por brindarme la mano cuando más lo necesitaba.

Al M. C. Javier Santillán Pérez, por las observaciones y aportaciones valiosas que reforzaron este proyecto de investigación.

AGRADECIMIENTOS

A la Comunidad de San Miguel y Santo Tomas Ajusco para la realización de fase experimental en campo, así como al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, al USDA y la UACH por su apoyo financiero.

Al Gobierno de la Cd. De México y a CONAFOR-DF. Por la autorización de las quemas prescritas y por su participación de conducción de las mismas.

Al CONACyT y al COMECyT por el financiamiento otorgado para el desarrollo de mis estudios de posgrado.

Al Sr. Indalecio por el apoyo brindado para la fase de laboratorio en el desarrollo de este proyecto.

A los profesores que me impartieron clases del Posgrado de Ciencias Forestales (UACH), Posgrado de Producción Animal (UACH) y Posgrado de Ganadería (COLPOS).

A todos mis compañeros de generación y de clase que hicieron grata mi estancia en el Posgrado

DEDICATORIA

A mis padres por el amor, apoyo y confianza ya que sus sacrificios no fueron en vano, porque este proyecto fue un objetivo más hecho realidad.

A mi esposa y mis hijos, por el gran amor brindado, confianza, apoyo y sacrificio para la realización de este proyecto profesional. Valió la pena...GRACIAS !!!

A mi familia por los consejos y el apoyo brindado en cada momento.

A mis abuelos paternos y maternos que Dios los tenga en su gloria y les de paz eterna.

DATOS BIOGRÁFICOS

Nombre: Manuel Román Chavarría Sánchez

Fecha de Nacimiento: 9 de Octubre de 1980

Lugar de Nacimiento: Texcoco, Estado de México

Cartilla S. M. N. : C-3977211

CURP: CASM801009HMCHNN07

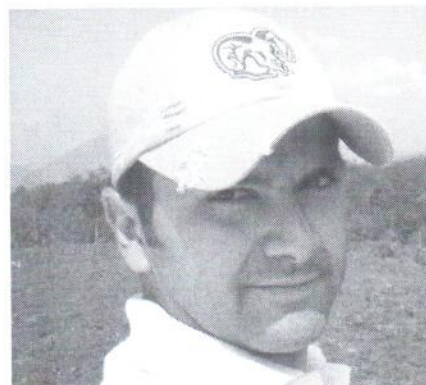
Cedula Profesional: 4970581

Profesión: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

Posgrado en Ciencias Forestales 2007- 2008

Correo electrónico: m_chavarria@live.com.mx,

romanchavarria@correo.chapingo.mx



ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	V
ÍNDICE DE ANEXOS.....	VI
RESUMEN.....	IX
SUMMARY.....	X
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
2.- OBJETIVO GENERAL.....	3
2.1- OBJETIVOS PARTICULARES.....	3
3.- HIPÓTESIS.....	3
4.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1.- Manejo integral del fuego.....	5
4.2.- Tipos de fuego en la vegetación.....	5
4.3.- Respuestas de las gramíneas al fuego.....	10
4.4.- Efectos del fuego en el suelo.....	12
4.5.- Efectos del fuego en el régimen hidrológico.....	14
4.6.- Efectos del fuego en el microclima.....	15
4.7.- Efectos del fuego en la fauna.....	15
4.8.- Efectos del fuego en la calidad del aire.....	16
4.9.- Uso de quemas prescritas en vegetación de bosque de <i>P. hartwegii</i> para mejorar el potencial ganadero.....	17
4.10.- Avances en la investigación del manejo integral del fuego	22

	Página
5.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
5.1.- Descripción general de la zona de estudio.....	24
5.2.- Tratamientos y diseño experimental.....	26
5.3.- Aplicación de tratamientos.....	28
5.4.- Colecta e identificación de especies vegetales.....	29
5.5.- Variables medidas.....	30
5.6.- Manejo y análisis estadístico de los datos.....	34
6.- RESULTADOS.....	37
6.1.- Especies vegetales identificadas en el área de estudio.....	37
6.2.- Impacto de la quema prescrita en la presencia de gramíneas y área desnuda.....	41
6.3.- Componentes de la biomasa aérea de gramíneas y su calidad al aplicar quema prescrita antes del pastoreo.....	45
6.4.- Rebrote de la gramínea indicadora al aplicar las intensidades de pastoreo.....	49
7.- CONCLUSIONES.....	58
8.- RECOMENDACIONES.....	59
9.- LITERATURA CITADA.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1.- Categoría cualitativa y codificada según el nivel de aporte de gramíneas a la composición botánica.....	35
2.- Categoría cualitativa y codificada según el nivel de aporte de área desnuda.....	35
3.- Especies de gramíneas colectadas en el área de estudio.....	38
4.- Presencia de gramíneas y área desnuda en áreas con y sin quema prescrita.....	42
5.- Biomasa total y por componente (g / m ²) de gramíneas en áreas con y sin quema prescrita. A dos años de la aplicación de la quema prescrita.....	46
6.- Características de calidad de forraje de la biomasa en áreas con y sin quema prescrita. A dos años de la aplicación de la quema prescrita.....	48
7.- Biomasa total y por componente (g / m ²) de la gramínea indicadora <i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch, antes de aplicar las intensidades de pastoreo.....	50
8.- Calidad de la gramínea indicadora <i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch, a dos años de la quema prescrita y antes de aplicar las intensidades de pastoreo.....	51
9.- Biomasa total y por componente (g / m ²) de la gramínea indicadora <i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch, a un año de aplicar diferentes intensidades de pastoreo.....	52
10.- Recuperación absoluta del rebrote en base a biomasa total y por componente (g / m ²) <i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch, a	

un año de aplicar diferentes intensidades de pastoreo.....	53
11.- Recuperación relativa (%) del rebrote en base a biomasa total y por componente <i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch, a un año de aplicar diferentes intensidades de pastoreo.....	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1.- Áreas con quema prescrita a las cuales se les aplicaron diferentes intensidades de pastoreo.....	27
2.- Medición de interceptos longitudinales por parte de los eventos.....	31
3.- Ejemplo de una línea de Canfield en campo.....	31
4.- Gramíneas amacolladas del género <i>Muhlenbergia sp.</i> de porte alto y de pobre a mediano valor forrajero.....	39
5.- Mayor presencia de gramíneas en áreas sin quema prescrita.....	44
6.- Reducción en la presencia de gramíneas y mayor diversidad del sotobosque en un área con quema prescrita.....	44
7.- Ejemplo de un individuo de <i>M. macroura</i> antes de aplicar las severidades de pastoreo.....	50
8. Ejemplo de un individuo de <i>M. macroura</i> en una estación de medición con intensidad de pastoreo severo a un año de su aplicación.....	56
9. Ejemplo de un individuo de <i>M. macroura</i> en una estación de medición con intensidad de pastoreo moderado a un año de su aplicación.....	56
10. Ejemplo de un individuo de <i>M. macroura</i> en una estación de medición con intensidad de pastoreo sin pastoreo a un año de su aplicación.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
1.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield uno en área con quema prescrita.....	68
2.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield dos en área con quema prescrita.....	69
3.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield tres en área con quema prescrita.....	70
4.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield cuatro en área con quema prescrita.....	71
5.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield cinco en área con quema prescrita.....	72
6.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield seis en área con quema prescrita.....	73
7.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield siete en área con quema prescrita.....	74
8.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield ocho en área con quema prescrita.....	75
9.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield nueve en área con quema prescrita.....	76
10.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield diez en área con quema prescrita.....	77
11.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield once en área sin quema prescrita.....	78

	Página
12.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield doce en área sin quema prescrita.....	79
13.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield trece en área sin quema prescrita.....	80
14.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield catorce en área sin quema prescrita.....	81
15.- Composición botánica y área desnuda en la línea de Canfield quince en área sin quema prescrita.....	82
16.- Datos de laboratorio de gramíneas en área sin quema prescrita para determinar FDA.....	83
17.- Datos de laboratorio de gramíneas en área con quema prescrita para determinar FDA.....	84
18.- Datos de laboratorio de gramíneas en área sin quema prescrita para determinar FDN.....	85
19.- Datos de laboratorio de gramíneas en área con quema prescrita para determinar FDN.....	86
20.- Datos de laboratorio de gramíneas en área sin quema prescrita para determinar proteína.....	87
21.- Datos de laboratorio de gramíneas en área con quema prescrita para determinar proteína.....	88
22.- Datos de laboratorio de gramínea indicadora <i>M. macroura</i> en área con quema prescrita para determinar FDA previo al pastoreo..	89
23.- Datos de laboratorio de gramínea indicadora <i>M. macroura</i> en área con quema prescrita para determinar FDN previo al pastoreo.....	90

	Página
24.- Datos de laboratorio de gramínea indicadora <i>M. macroura</i> en área con quema prescrita para determinar proteína previo al pastoreo.....	91

QUEMA PRESCRITA EN BOSQUE DE *Pinus hartwegii*
Y SU IMPACTO EN EL POTENCIAL FORRAJERO
COMO APOORTE AL MANEJO INTEGRAL DEL FUEGO

Resumen

El estudio describe el impacto de quema prescrita en el potencial forrajero en bosque de *Pinus hartwegii*, así como de la intensidad de pastoreo una vez aplicada la quema prescrita. Se evaluaron tres intensidades de pastoreo: severo (residual de 5 cm), moderado (residual de 10 cm) y sin pastoreo. Las variables fueron: área desnuda, cobertura basal, FDA, FDN y PC de gramíneas en áreas sin y con quema prescrita; las intensidades se compararon por grado de recuperación luego del pastoreo de *Muhlenbergia macroura*, que se usó como especie indicadora. El análisis estadístico para quema o no se hizo por prueba no paramétrica de comparación de dos medias independientes y para las intensidades por modelo completamente al azar con seis repeticiones y comparación de medias por la prueba de Tukey. El área con quema prescrita presentó menor ($P<0.05$) cobertura por gramíneas pero de mayor calidad y mayor ($P<0.05$) área desnuda. *M. macroura* pudo recuperarse del pastoreo severo en términos de biomasa pero además la biomasa nueva mostró menor ($P<0.05$) aporte de material senescente. La quema prescrita influye en la cobertura de gramíneas, pero mejora su calidad nutrimental para ganado bovino, además no impide la recuperación luego de un pastoreo severo. La quema prescrita y el uso ganadero pueden ser componente sinérgicos en el aprovechamiento del sotobosque de *Pinus hartwegii*.

Palabras clave: Fuego, pastoreo, bosque, gramíneas, sotobosque

PRESCRIBED BURN IN *Pinus hartwegii* FORESTS: THEIR IMPACT ON THE FORAGE POTENTIAL AS CONTRIBUTION TO INTEGRAL FIRE MANAGEMENT

Summary

This study describes the effect of both prescribed burn on the forage potential of a *Pinus hartwegii* forest and of grazing intensity after a year a prescribed burn was applied. Grazing intensities were: heavy (5 cm residual), light (10 cm residual) and no-grazing. Variables were: bare soil, ground cover, ADF, NDF and crude protein in grass cover in the area with and without prescribed burn; grazing intensities were compared on basis of the recovery of *Muhlenbergia macroura* a year after grazing was applied. Statistical analysis to compare prescribed burn was by a non-parametric comparison of two independent means, while for grazing intensities a completely random design with six replications was used, means were compared by Tukey. Prescribed burn showed lower ($P<0.05$) ground cover by grasses but of higher quality and higher ($P<0.05$) bare soil than non burnt area. *M. macroura* recovered from heavy grazing on basis of above-ground biomass and with lower ($P<0.05$) amount of dead matter than non-grazed plants. Prescribed burn determines grass cover at the time that improves nutritive value of it to feed cattle, besides has no negative effect on plant recovery after heavy grazing. Prescribed burns and livestock use might be synergic components in the management of *Pinus hartwegii* understory

Palabras clave: Fuego, pastoreo, bosque, gramíneas, sotobosque

1.- INTRODUCCIÓN

La aplicación de fuego como práctica para el uso ganadero de la vegetación del bosque de *Pinus hartwegii*, como de otros tipos de vegetación, ha sido señalada como factor promotor de la degradación de estos ecosistemas. Aplicar fuego a las gramíneas del sotobosque incinera el material muerto y lignificado que el ganado ya no consume y promueve el crecimiento de nuevo material verde apetecido altamente por el ganado (Aguirre, 2000). Sin embargo, si la aplicación del fuego no cumple con varias precauciones se generan incendios forestales que devastan el estrato arbóreo, o bien, la frecuencia y momentos en que se aplica el fuego pueden agotar a las gramíneas de mayor preferencia por el ganado provocando la desaparición de las mismas, lo que permite el desarrollo de procesos de erosión del suelo y reducción de la diversidad vegetal, ambos síntomas de un ecosistema degradado (White *et al.*, 2001).

En contraste, la aplicación de quemas a frecuencias, intensidades y momentos en armonía con el crecimiento vegetal puede fomentar el desarrollo de las especies vegetales, arbóreas y herbáceas, con una reproducción vigorosa de las mismas permitiendo mantener la diversidad de especies del ecosistema, una alta fijación del CO₂ que se refleja en una mayor circulación de la materia orgánica dentro del ecosistema y un alto potencial ganadero (Kunst, 2000).

Por lo tanto, el uso del fuego con fines ganaderos para mejorar la calidad y cantidad de las gramíneas en el bosque de *Pinus hartwegii*, debe darse dentro de un marco de respeto y en congruencia con las exigencias para el

mantenimiento y perpetuación del mismo. Además, las estrategias de aprovechamiento deben convertirse en una herramienta para mantener en su máximo estado de salud este tipo de ecosistema (White *et al.*, 2001).

El bosque de *Pinus hartwegii* es una vegetación de importancia por su amplia extensión, capacidad de fijación de CO₂, recarga del acuífero y paisaje en la región del volcán Ajusco hacia el sur de la Ciudad de México, siendo una de las pocas áreas vegetadas con las que cuenta el área metropolitana de esta Ciudad que a su vez se suma a las estadísticas de 2008 del Distrito Federal y el Estado de México, estando dentro de las primeras cuatro entidades federativas con mayor número de incendios forestales por año, las cuales entre las dos suman 2671 incendios con una superficie afectada de 7471 ha (CONAFOR, 2008).

2.- OBJETIVO GENERAL

Determinar características de la vegetación de sotobosque en bosque de *Pinus hartwegii* al aplicar quema prescrita y diferente intensidad de pastoreo para establecer la posibilidad de sustentabilidad ecológica del uso ganadero de dicha vegetación, como apoyo al manejo integral del fuego.

2.1.- OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar cantidad y calidad de gramíneas con potencial forrajero en la vegetación de sotobosque de *Pinus hartwegii* al aplicar quema prescrita.
- Determinar algunos atributos agronómicos y zootécnicos de gramíneas con potencial forrajero al aplicar quema prescrita y variar la intensidad de pastoreo.
- Contribuir con información para el manejo integral del fuego.

3.- HIPÓTESIS

- a) La quema prescrita provocará que la vegetación del sotobosque del bosque de *Pinus hartwegii* mejore su potencial forrajero, al favorecer un mayor rendimiento y calidad del forraje, así como una mayor diversidad, en comparación a la no aplicación de quema prescrita.

b) El pastoreo a una intensidad mediana promoverá mayor rendimiento de forraje y mayor calidad de gramíneas en comparación a no pastorear o pastorear a una intensidad alta, todo en áreas sometidas a quemas prescritas.

4.- REVISIÓN DE LITERATURA

4.1.- Manejo integral del fuego

Existen varias concepciones del manejo integral del fuego (Rodríguez, Jardel, 2004). Para este trabajo se ha adoptado la de Myers (2006). El MIF es un método para hacer frente a los problemas y a las preocupaciones causados tanto por incendios dañinos como beneficiosos dentro del contexto de los ambientes naturales y los sistemas socioeconómicos en los que ocurren, mediante la evaluación y el balance de los riesgos relativos planteados por el fuego con los papeles ecológicos y económicos beneficiosos o necesarios que puede jugar en un área de conservación, región o paisaje determinado. El manejo integral del fuego facilita la implementación de métodos eficaces para mantener regímenes del fuego deseables. Cuando los incendios ocurren, provee un contexto para (1) evaluar si los efectos serán perjudiciales, beneficiosos o benignos; (2) sopesar los beneficios y los riesgos relativos, y (3) responder adecuada y eficientemente sobre la base de objetivos establecidos para el área en cuestión. El manejo de los aspectos beneficiosos de los incendios puede incluir varias formas del uso del fuego (Myers, 2006).

4.2.- Tipos de fuego en la vegetación

Incendio, quema controlada, quema prescrita son eventos que implican la ignición e incineración de material vegetal; sin embargo, existen diferencias entre ellos que deben ser identificadas. Es por ello que a continuación se

presentan las definiciones que Myers (2006) propone para ubicar cada uno de estos eventos en su contexto particular.

- a) *Incendio*. - Es la combustión de material vegetal cuya ignición no fue premeditada, ni justificada y que puede originarse tanto por causas naturales como humanas.
- b) *Quema controlada*. Es la combustión de material vegetal a partir de una ignición planeada y restringida a una área pre-seleccionada, considerando el tiempo, lugar y control requerido del fuego sin una evaluación detallada del comportamiento del fuego.
- c) *Quema prescrita*. Es la combustión de material vegetal cuya ignición se realiza a la presentación de condiciones climáticas y de combustible establecidas previamente, evaluado el comportamiento del fuego, ante variables como la dirección del viento, humedad y carga de combustible, entre otras.

Myers (2006) concluye que para obtener los beneficios que la combustión del material vegetal pueda ofrecer y evitar o reducir los impactos negativos de dicha combustión, se debe siempre seguir las normas y cuidados derivados de quemas prescritas.

Hardesty *et al.* (2005) identificaron tres categorías de vegetación con base en la respuesta al fuego: dependiente, independiente y sensible al fuego.

La vegetación dependiente del fuego se compone de especies cuya supervivencia depende de la presencia de incendios, ya que han desarrollado

adaptaciones para responder positivamente al fuego entre ellas el aumentar su propagación al recibir dicho factor. Es decir, la vegetación es inflamable y propensa al fuego y si éste se suprime o si se altera el régimen de fuego más allá de su rango normal de variabilidad, la vegetación se transforma en algo diferente, por cambios en la composición botánica con la desaparición de algunas especies y la aparición y dominancia de otras, estos cambios implican la pérdida de hábitats y fuentes de alimento y refugio para algunos otros organismos. Ejemplos: bosques de tipo mediterráneo, matorrales, sabanas, bosques de coníferas boreales y de clima templado, bosques y pastizales (Hardesty *et al.*, 2005).

La vegetación independiente del fuego es donde la presencia de fuego es poco probable debido a que el clima es demasiado frío, húmedo o seco por lo que la ignición es difícil de efectuarse por el frío y/o humedad o la baja carga de combustible. Ejemplos, son los desiertos (Hardesty *et al.*, 2005).

La vegetación sensible al fuego implica especies vegetales que carecen de las adaptaciones para responder a los incendios y la mortalidad es alta incluso cuando a intensidad baja del fuego. Ejemplos: una amplia variedad de bosques latifoliados y de coníferas de zonas templadas con alto gradiente de humedad y los bosques tropicales húmedos (Hardesty *et al.*, 2005).

La quema prescrita por tanto, sólo debe aplicarse en vegetación dependiente al fuego como lo es el bosque de *Pinus hartwegii* que se localiza en México, Guatemala, Honduras y El Salvador. En México está presente en 16 de las 32

entidades federativas que son: Chiapas, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Tamaulipas y Veracruz, es un tipo de vegetación que se desarrolla en terrenos montañosos con 2, 200 a 4,000 msnm (Rzedowski, 1981; Perry, 1991).

La vegetación del bosque de *Pinus hartwegii*, es la más tolerante a las temperaturas bajas, debido a la altitud en la que se presenta. Zavala (1984) y Solís (1994) señalan que el *Pinus hartwegii* se le puede asociar con ciertas especies del estrato arbóreo como el *Pinus montezumae*, *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, *Abies religiosa* y *Alnus firmifolia*, entre otros. En su estrato arbustivo se hallan *Lupinus elegans*, *Penstemon gentianoides*, *Senecio cinerarioides*, *Senecio angulifolius*, *Eupatorium glabratum* y *Baccharis conferta*, entre otras especies, y en el estrato herbáceo se encuentran especies como *Muhlenbergia quadridentata*, *Muhlenbergia macroura*, *Festuca tolucensis*, *Stipa ichu* y *Alchemilla procumbens*.

La madera de *Pinus hartwegii* se usa para la construcción. Principalmente se obtiene madera aserrada para la elaboración de postes de energía eléctrica y también se obtiene de él leña; además se emplea en carpintería, en minería para pilotes, durmientes, para hacer pulpa para papel, tableros y fibras. El *Pinus hartwegii* es pariente cercano del *Pinus rudis*, que también se da a alturas similares a la del primero, si bien autores como Farjon y Styles (1997) las consideran la misma especie (*Pinus hartwegii*). El crecimiento de este pino es

lento o casi nulo debido a su estado o fase cespitosa la cual llega a durar hasta 12 años aproximadamente (Becerra 1995).

El *Pinus hartwegii* es uno de los pinos mexicanos más adaptados a bajas temperaturas, pero también a los incendios superficiales. El *Pinus hartwegii*, presenta seis adaptaciones al fuego: regeneración en sitios quemados, capacidad de rebrote, recuperación de copa afectada por llamas, poda natural, corteza gruesa y cespitosidad. El *Pinus hartwegii* presenta un régimen de incendios superficiales, frecuentes y de baja intensidad. Sin embargo, el comportamiento del fuego en estos bosques se puede presentar desde longitudes de llama de 0.5 m o menos y velocidades de propagación de menos de 5 m / min, en quemas prescritas de baja intensidad, hasta > 8 m y > 80 m / min a alta intensidad. Tiene una corteza gruesa que protege al cambium, se regenera bien sobre sitios quemados, pues el fuego remueve la barrera física que representan los zacates y crea una cama de cenizas rica en nutrimentos para sustento (Rodríguez *et al.*, 2003).

En el Ajusco D. F. las áreas de *Pinus hartwegii* sometidas a quemas prescritas de baja intensidad, al cabo de un año tuvieron 21 especies y con una supervivencia de árboles juveniles ≥ 2 m de altura por arriba del 90 %, mientras que las áreas sin quema tuvieron 12 especies. En áreas de quemas a alta intensidad, se tuvo también alta diversidad del sotobosque, pero la supervivencia de árboles fue inferior al 30 %. Lo anterior evidencia que el fuego de intensidad baja mejora características de la vegetación en comparación a áreas totalmente excluidas del fuego (Rodríguez *et al.*, 2007). Además los

autores anteriores señalan que el fuego a intensidad baja logra remover material vegetal muerto que al acumularse por no existir fuego, se convierte en un factor de peligro de incendios de muy alta intensidad.

4.3.- Respuesta de las gramíneas al fuego

El papel del fuego como factor de evolución en las gramíneas, probablemente tuvo lugar una vez establecidos los pastizales y sabanas (Vogl, 1974). Frecuentemente estaban sujetos a incendios de intensidad variable y el calor generado pudo haber actuado como agente mutagénico que en interacción con otros factores, produjeron la variación genética que determinó la selección natural de las especies (Vogl, 1974).

La mayoría de los géneros de las gramíneas de especies ampliamente dependientes del fuego, poseen pre-adaptaciones relacionadas que varían desde los diversos tipos de sistemas radicales que tienen la necesidad de un lecho mineral para regenerarse y las características de intolerancia a la sombra que necesitan para su desarrollo. Lo más interesante es que su crecimiento posterior a un incendio es superior y siempre mucho más rico en proteína y elementos minerales esenciales, como fósforo y potasio (Komarek, 1974).

Volg (1974) señala que las gramíneas que sobreviven al fuego muestran mayor concentración de silicatos, lo que aumenta su resistencia a la descomposición. Mutch (1970) señala que ésta resistencia se debe a la inmovilización de nutrientes en los tejidos de las plantas. Así, algunas gramíneas empiezan a

depender del fuego como agente de renovación de nutrientes al suelo, ya que después del incendio se produce la liberación de nutrientes de los tejidos de las plantas y el reciclaje de otros (Mutch, 1970).

Las gramíneas asociadas al bosque de *Pinus hartwegii*, desarrollaron adaptaciones al fuego; así, Benítez (1985) señala que luego de un evento de fuego hay un estímulo inicial y de corta duración para un crecimiento vigoroso de hierbas y gramíneas siendo este último grupo vegetal el que tiende a mostrar una mayor cobertura en la vegetación del sotobosque. Particularmente, la gramínea *Muhlenbergia macroura* alcanzó hasta 79 % de regeneración en sitios quemados en comparación al 100% en sitios sin quema; *Festuca tolucensis* otra gramínea común en el sotobosque de *Pinus hartwegii* tuvo 57% de regeneración en sitios quemados en relación al 100% en sitios sin quema (Benítez, 1985).

La quema de vegetación, cuando es planificada adecuadamente, permite obtener impactos positivos como: reducir el riesgo de incendios de alta intensidad al evitar la acumulación de material vegetal senescente que actúa como combustible para iniciar fuegos de alta intensidad; eliminar vegetación indeseable; estimular el crecimiento de pastos de interés ganadero y promover rebrotes nutritivos para el ganado; contribuir al control de plagas y enfermedades (Rodríguez, 1996).

4.4.- Efectos del fuego en el suelo

Marcos *et al.*, (1995) señalan que el fuego de alta intensidad promueve pérdida de nutrientes del suelo por volatilización durante la combustión y posteriormente por erosión, o lixiviación. Es, por tanto, importante determinar la magnitud de esta pérdida y su impacto a mediano o largo plazo en el ecosistema. La combustión del tejido vegetal libera los minerales presentes en la materia orgánica, por lo que el suelo puede mostrar inmediatamente después del fuego un incremento en la disponibilidad de algunos minerales.

Incendios muy frecuentes pueden en el largo plazo ocasionar pérdidas importantes de los minerales en suelos por propiciar una tasa de liberación mayor a la de absorción de los mismos por parte de la vegetación ya que la combustión deja el suelo sin cobertura vegetal activa por periodos que pueden exceder los 20 días; además la reducción continua en la cobertura vegetal facilita los procesos de erosión. Es por esto que comunidades vegetales sometidas a incendios frecuentes mostraron mayor pérdida de nutrientes en comparación a comunidades sujetas a una menor frecuencia de fuegos (Marcos *et al.*, 1995).

El fuego causa un efecto fertilizador ya que en las cenizas se encuentran nutrientes disponibles a la vegetación al ser liberados de la materia orgánica incinerada, principalmente son nutrientes acumulados en el componente leñoso de las plantas. Las cenizas son particularmente ricas en calcio y magnesio, que no sólo actúan como nutrientes para las plantas, también producen un efecto

alcalinizador en suelos ácidos que permite una mayor absorción de otros minerales. El incremento del nitrógeno mineral en el suelo depende de la intensidad del fuego, es decir, de las temperaturas alcanzadas y de la biomasa quemada. Aunque sus formas móviles, como el nitrato, pueden ser lixiviadas poco después del fuego, si el nitrógeno es abundante en el suelo puede no disminuir a niveles que limiten el crecimiento de la vegetación existente (Romanya *et al.*, 2001).

Lloret (2004) señala estudios en los que se observó que el fósforo podría ser altamente disponible a las plantas a partir de las cenizas remanentes luego del fuego; sin embargo, esta alta disponibilidad podría reducirse en un mediano plazo al reaccionar el fósforo y formar carbonatos de una menor solubilidad. También se indica en la fuente anterior, que al incinerarse la materia orgánica del suelo como el mantillo, se reduce la actividad de este componente en la disponibilidad y retención de minerales.

El fuego puede reducir la estabilidad de la estructura de los agregados del suelo, lo que sumado a la incineración de la cobertura vegetal, facilita la erosión y en consecuencia se podría comprometer la recuperación de la vegetación. La posibilidad de erosión por la menor cobertura vegetal es mayor si posteriormente al fuego ocurren lluvias intensas. Sin embargo, de existir una rápida recuperación de la cobertura vegetal el potencial erosivo es limitado (Marcos *et al.*, 2000).

4.5.- Efectos del fuego en el régimen hidrológico

Áreas aun bajo quema controlada son susceptibles a la erosión a causa de la desestructuración del suelo y una mayor circulación superficial del agua debido a la eliminación de la cubierta vegetal. La incineración de la cubierta vegetal, sobre todo por incendios forestales, puede dejar parcial o totalmente expuesta la superficie del suelo y, por consiguiente, sujeta al riesgo de erosión que normalmente conllevan las lluvias (Inbar *et al.*, 1998).

La erosión del suelo por escurrimiento hídrico, cuyo origen está en la acción del agua sobre una superficie desprovista de cobertura vegetal, es quizás el proceso más importante en la degradación del suelo, dado que es irreversible y generalmente de gran magnitud (Andreu *et al.*, 2001). Áreas quemadas tienden a mostrar mayores tasas de escorrentía y pérdidas de sedimentos que las no quemadas y esta situación se ha asociado a la reducción en la cobertura vegetal ocasionada por el fuego (Inbar *et al.*, 1998).

De Luis *et al.* (2003) analizaron los efectos combinados de lluvia torrencial e incendio forestal mediante quema controlada y simulador de lluvia, encontrando que tras el fuego la erosión fue de 7 a 423 veces mayor en las áreas quemadas con respecto de las no quemadas, la mayor magnitud de erosión se registró en las áreas que recibieron las mayores intensidades de fuego y lluvia.

Afit (2006) concluye luego de la revisión de varios estudios sobre quema controlada y prescrita, que a pesar de que ciertamente la escorrentía y los sedimentos pueden incrementarse por la quema controlada, estas pérdidas son

péqueñas en comparación con las generadas por otro tipo de perturbaciones y por tanto el impacto negativo de la quema controlada y prescrita en el régimen hidrológico puede considerarse insignificante.

4.6.- Efectos del fuego en el microclima

La incineración de la cubierta vegetal origina cambios trascendentales en el microclima, estos cambios alteran: la capacidad del bosque y sotobosque para amortiguar la marcha de la temperatura ambiental rebajando las máximas y elevando las mínimas con respecto al entorno exterior; promoviendo la insolación, irradiación térmica y absorción luminosa; limita la capacidad de la masa forestal para influir en la velocidad de los vientos; y disminuye la humedad relativa provocando una oscilación mayor de la misma, permitiendo que el movimiento del aire ejerza un mayor poder desecante y menor infiltración del agua de lluvia al perfil del suelo. La Secretaría General del Gobierno (1993) menciona que los efectos de este tipo son mayores conforme incrementa la severidad del fuego en el bosque, así como su reducción gradual conforme pasa más tiempo después del fuego.

4.7- Efectos del fuego en la fauna

La fauna presente en comunidades vegetales propensas a fuego ha desarrollado patrones de respuesta a los cambios en la composición y estructura de la vegetación después de la presencia del fuego. Las respuestas inmediatas de los animales al fuego son influenciadas por la época, intensidad, severidad, uniformidad y extensión o tamaño. Los animales con movilidad

limitada y con crías son más vulnerables a las lesiones y mortalidad por fuego que los animales maduros sin crías que cuidar (Jack *et al.*, 2000).

El fuego puede promover un forraje de mayor productividad y contenido de nutrientes para la fauna, lo que contribuye a un incremento en la población de herbívoros; sin embargo la magnitud de este incremento esta influido por la capacidad de los animales de mantenerse con vida hasta que las alteraciones negativas, como por ejemplo la reducción en cobertura vegetal ocasionada por el fuego, sean resarcidas (Jack *et al.*, 2000).

El fuego puede favorecer a los animales de rapiña y carroñeros, debido a que la incineración de la cobertura vegetal reduce la zona de refugio y forrajeo. Los carnívoros y omnívoros son especies oportunistas y tienden a trasladarse a lugares en donde hay mayor abundancia de sus presas y esto a menudo coincide con lugares donde ocurrió alguna quema o incendio (Jack *et al.*, 2000).

El fuego, al ocasionar la incineración de la cobertura vegetal generalmente altera la estructura del hábitat por lo que puede jugar un papel balanceador entre la fauna que requiere de una cobertura densa y aquella que requiere o prefiere vegetaciones abiertas (Jack *et al.*, 2000).

4.8.- Efectos en la calidad del aire

El humo emitido por un incendio forestal está compuesto por gases, los cuales afectan la visibilidad en vías de comunicación terrestre, aéreas, y marítimas costeras, e involucran lesiones o pérdidas de vidas humanas y daños materiales. Esta situación empeora cuando los humos de temporadas extremas

afectan las cargas atmosféricas y generan más rayos, que inician otros incendios. Así sucedió en el sur de los Estados Unidos, con los humos procedentes de México y Centroamérica en 1998 (Lyons *et al.*, 1998, citado por Rodríguez *et al.*, 2003).

Contreras *et al.*, (2003) hicieron una revisión de estudios publicados con respecto del impacto de fuegos forestales y de otros tipos de vegetación sobre la calidad del aire. Los humos afectan la calidad del aire en áreas y ciudades cercanas a zonas forestales, particularmente para niños y ancianos, generando enfermedades del sistema respiratorio, gastos por tratamientos médicos, ausentismo laboral, incluyendo a los combatientes de incendios. Las partículas y el vapor de agua que se generan a través de los incendios contribuyen al efecto invernadero así como también reducen la visibilidad, se insertan profundamente en el tejido pulmonar, y originan irritaciones y reacciones cancerígenas. Muchos de los cientos de subproductos que hay en el humo son tóxicos y algunos corrosivos, destacando CO, NO, NO₂ y SO₂.

4.9.- Uso de quemas prescritas de vegetación de bosque de *Pinus hartwegii* para mejorar el potencial ganadero

El valor forrajero de un ecosistema depende de la composición florística del mismo, por lo tanto, es importante y necesario que los encargados del manejo de los recursos forrajeros propios de un lugar conozcan no solamente el valor forrajero de las plantas presentes, sino también los fenómenos naturales y

artificiales que pueden influir positiva o negativamente en la condición de los recursos forrajeros.

De los factores externos negativos, la sequía es la más conocida y temida; de los controlados por el hombre, la excesiva presión de pastoreo a través del tiempo suele ser la más destructiva. Otros causantes de la pérdida de los recursos forrajeros son el uso indiscriminado del arado en áreas naturales de buena condición y la alteración del bosque o matorral en ciertas situaciones de la zona árida. Otro factor que puede causar cambios negativos en estos recursos es el fuego (Anderson, 1984).

Álvarez y Hernández (1982) encontraron que la producción de forraje bajo bosque varía con el clima, suelo, densidad, cobertura de los árboles y el manejo que se dé al bosque como sitio de pastoreo. La producción de forraje disminuye al aumentar la densidad y cobertura de los árboles, debido a la competencia por espacio, nutrientes y luz.

En relación al manejo del bosque, Álvarez y Hernández (1982), indican que las quemas programadas eliminan el material muerto y limitan la producción de hierbas indeseables, lo cual permite aumentar la producción de forraje; señalan además, que, algunos autores, aconsejan que la quema se realice en bosque con árboles mayores de 3 m de altura y que después se queme cada 2 o 5 años para evitar daños a la vegetación, fauna y suelo.

El fuego intencional es la práctica más antigua empleada por el hombre en sus intentos de manejar la vegetación para la caza y para eliminar el material vegetal remanente de baja calidad antes de pastorear con ganado doméstico. En algunos casos, la quema puede ser beneficiosa, mientras que en otros, es destructiva e influye en forma negativa en la producción forrajera (Anderson, 1984).

Para que una quema sea benéfica debe dar resultados positivos en el largo plazo y no solamente en forma inmediata. Existen varias razones para quemar la vegetación, entre las más comunes se encuentran:

- Controlar la presencia de especies vegetales no deseables y su posible dominancia.
- Aumentar la producción de pasto y, por ende, la capacidad de carga.
- Mejorar la palatabilidad del forraje al eliminar material senescente.
- Mejorar la distribución de los animales domésticos al preferir las áreas quemadas.
- Permitir el acceso de los animales domésticos a zonas que tenían una vegetación muy densa.
- Mejorar el perfil de rebrote de plantas forrajeras.
- Estimular la poda de especies leñosas forrajeras.
- Reducir el riesgo de fuegos intensos al reducir la acumulación de combustible.

El objetivo del fuego intencional es incinerar el material vegetal muerto y promover nuevos rebrotes. Sin embargo, para alcanzar este objetivo la aplicación del fuego en intensidad, época y frecuencia así como el manejo posterior de la vegetación y su cosecha deben estar acorde a la posibilidad de crecimiento de las especies deseables (Anderson, 1984).

El pastoreo es otro factor importante del manejo de la vegetación de bosque al igual que la quema, se debe programar en época del año e intensidad para aumentar el valor económico del bosque al permitir lograr un producto además del derivado de los árboles y fomentar una mayor producción de forraje.

Smith (1967) encontró que el rendimiento de forraje fue mayor y la composición botánica mejoró al aplicar pastoreos ligero y moderado en comparación al severo.

Edmond (1964), registró que en 10 especies forrajeras pastoreadas con borregos, la producción de forraje disminuyó con el pastoreo moderado y que el severo causó una reducción marcada en el número de rebrotes. Smith (1940), indica que un pastoreo severo y continuo afecta las reservas de las forrajeras perennes, lo que eventualmente origina la muerte y reemplazo de las mismas por otras plantas de menor palatabilidad para el ganado. En otras ocasiones el pastoreo excesivo puede provocar la destrucción total de la cubierta vegetal causando erosión y dificultando con ello cualquier intento de establecimiento posterior de nuevas plantas.

Pearson (1971), indica que para un buen manejo del pastoreo en el bosque es necesario:

- 1) Restringir el pastoreo a una época determinada.
- 2) Utilizar la carga animal adecuada.
- 3) Considerar las áreas en regeneración para la explotación silvícola, así como también otros usos, tales como mantenimiento de la fauna y recreación.

Adams (1975) señaló que el pastoreo, especialmente por ganado bovino, ayuda a la regeneración del bosque, ya que reduce la competencia ejercida por hierbas y pastos; el daño causado a los árboles por el ganado no excedió al causado por los insectos o por una inundación prolongada. El mismo autor menciona que hay muchos estudios en que se obtuvieron buenos resultados utilizando el pastoreo como herramienta de manejo de plantaciones de árboles. Dubai y Whitake (1964) señalan que la quema programada mejora el valor nutritivo del forraje al eliminar las partes senescentes y favorecer el crecimiento de retoños. Álvarez y Hernández (1982) señalan que el pastoreo tiene un efecto similar a la quema al promover un rebrote de alta palatabilidad y contenido de nutrientes, sin embargo, si el pastoreo es severo y frecuente, la producción total de forraje y su valor nutritivo disminuyen.

El aprovechamiento de los recursos forrajeros con animales en pastoreo debe considerar dos aspectos fundamentales: 1) obtener la máxima producción por unidad de superficie, y 2) lograr que se mantenga la productividad del recurso a través del tiempo. Sin duda el factor de manejo más importante es la carga animal, que se refiere al número de animales por unidad de superficie, siendo la

carga óptima aquella que permite alcanzar la máxima producción sin deterioro del recurso (Adams, 1975).

La intensidad del pastoreo debe reducirse antes de la quema por un tiempo que permita la acumulación apropiada de combustible que mantenga la combustión en forma homogénea. Después de la quema, no debe aplicarse pastoreo hasta que las plantas forrajeras muestren una completa recuperación, un error común en este momento es permitir la entrada de los animales cuando recién emerge el rebrote verde sobre el fondo negro incinerado. Hay situaciones donde se queman pastizales maduros que son de buen valor forrajero en esta condición de “heno en pie” y que no deberían quemarse ya que se está subutilizando el recurso forrajero. La aplicación de fuego debe considerar la etapa de desarrollo de las especies forrajeras y los factores climáticos favorables como temperatura, velocidad del viento, humedad relativa y contenido de humedad del material a quemar. La combinación de estos factores es decisiva en el éxito o fracaso de la quema (Anderson, 1984).

4.10.- Avances en la investigación con respecto al manejo integral del fuego

Los estudios sobre el efecto del fuego son nuevos en México, y se están llevando a cabo por investigadores de diversas universidades. Poco se conoce en México de cuál es el efecto del fuego en los diferentes ecosistemas

forestales. Más aún, se conoce poco sobre cuál ha sido el papel del fuego en la preservación de estos ecosistemas (Flores *et al.*, 2004).

Aunque la idea del papel del fuego es relativamente clara, en lo que se refiere a que detiene el ciclo de sucesión de la vegetación, aún se desconoce bajo que régimen el fuego puede considerarse benéfico. Es por eso que se han iniciado desde el año 2000 por parte de la Universidad Autónoma Chapingo, estudios relacionados a la ecología del fuego, manejo integral del fuego y restauración de áreas incendiadas (Myers and Rodríguez, 2009).

Tal es el caso del Proyecto Ajusco donde se han realizado diversas investigaciones relacionadas a las adaptaciones al fuego en bosque de *Pinus hartwegii*, por mencionar algunos ejemplos se tiene efectos del fuego en la sinecología, crecimiento y supervivencia del arbolado por efectos de chamuscado y temas a corto y mediano plazo están, los efectos del fuego en la diversidad de especies del sotobosque, efectos del fuego en crecimiento primario y secundario de *Pinus hartwegii*, emisiones de CO, NO, NO₂ y SO₂, supervivencia de los árboles, combustibles forestales y valoración por contingencia en actividades recreativas, etc.. Este tipo de información permite el establecimiento de estrategias de manejo del fuego, en las que se considera cuáles son los efectos potenciales del fuego (Flores *et al.*, 2004).

Siendo así el proyecto Ajusco determinante para resolver el problema de alteración del régimen de fuego, por sumar un pequeño pero creciente equipo de información sobre el rol ecológico del fuego y el manejo integral del fuego en ecosistemas dependientes del fuego como lo es el bosque de *Pinus hartwegii* (Myers and Rodríguez, 2009).

5.- MATERIALES Y MÉTODOS

5.1.- Descripción general de la zona de estudio

La zona es referida como de serranía alta y volcanes del Estado de México, la cual ocupa parte de los municipios de Amecameca, Atlacomulco, Atlautla, Ecatingo, Ixtapaluca, Jalatlaco, Jilotzingo, Jiquicinco, Joquicingo, Morelos, Nicolás Romero, Ocoyoacac, Otzolotepec, Temoaya, Texcoco, Tianguistenco, Tlamanalco y Zinacantepec del estado de México; las delegaciones de Magdalena Contreras, Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Milpa Alta y Tlalpan, del D. F. y Tetela del Volcán del estado de Morelos.

La topografía es accidentada, con pendientes de 55 % en las partes más altas y en algunas cañadas con pendientes que superan 60 %, por lo que se le identifica como una zona “cerril” o “escarpada”, la elevación varía de 3,350 a 4,000 msnm (COTECOCA, 1979).

El suelo es de formación “in-situ”, derivado de material volcánico, es de profundidad media (25 a 50 cm) a profunda (más de 50 cm) y en partes es somera (0 a 25 cm), con piedra en la superficie y en el perfil, color negro, textura arenosa a franco arenosa, estructura masiva, consistencia suave, drenaje interno rápido y no reacciona con el ácido clorhídrico (COTECOCA, 1979).

Los tipos climáticos en esta zona son (COTECOCA, 1979):

- Subhúmedo con lluvias en verano Cw_1 y Cw_2 ; con temperatura media anual que varía de 10 a 15 °C y la precipitación pluvial de 800 a 1,000 mm anuales, 85 % o más de esta precipitación se registra durante los meses de mayo a octubre.
- Frío, $E(T)HC$; con temperatura media anual de -2 a 5 °C y la precipitación pluvial es superior a los 1,200 mm al año.

Esta zona, en años de precipitación pluvial normal, en la condición “buena” y con base en la vegetación nativa, produce 250 a 254 kg / ha de forraje utilizable para un coeficiente de agostadero de 19.68 ha por unidad animal (COTECOCA, 1979).

COTECOCA (1979) señala que la zona de estudio presenta vegetación de “Bosque Aciculifolio de *Pinus hartwegii*”. Las principales especies son: pino (*Pinus hartwegii*) y un conjunto de gramíneas de porte alto, ásperas, amacolladas, entre ellas: *Agrostis perennans*, tres barbas (*Aristida orcuttiana*), *Bromus carinatus*, *Calamagrostis cainii*, *Eragrostis spp*, festuca (*Festuca viridula*), zacate de zorra (*Muhlenbergia rigens*, *Muhlenbergia racemosa* y *Muhlenbergia sylvatica*), *Piptochaetium fimbriatum*, *Sporobolus sp*, y zacate flechilla (*Stipa tenuissima*). Los tipos de vegetación vecinos son bosques de oyamel, zacatonales y páramos de altura (COTECOCA, 1979).

Las parcelas de donde se obtuvo la información de campo se localizaron específicamente en un tramo de la cordillera Neovolcánica al sur del Distrito Federal, en la propiedad comunal de San Miguel y Santo Tomas Ajusco, en el Parque Nacional Cumbres del Ajusco. Las coordenadas extremas UTM de las parcelas fueron 14 Q 471348 - 471243 m E y 2124080 – 2123679 m N, con una altura sobre el nivel del mar promedio de 3480 a 3500 m.

5.2.- Tratamientos y diseño experimental

El estudio implicó la evaluación de dos tratamientos originados en la aplicación o no de quema prescrita a baja intensidad. En el área con quema prescrita se evaluaron tres intensidades de pastoreo: severa (residual 5 cm), moderada (residual 10 cm) y sin pastoreo (Figura 1).

Para la evaluación de la quema prescrita se delimitaron dos superficies, la que recibió quema de 14,800 m² y la que no tuvo quema de 28,000 m². Para la toma de datos de campo se ubicaron estaciones de medición en cada una de estas superficies. Cada estación se consideró una repetición y su ubicación fue siguiendo un muestreo definido por distancia entre estaciones consecutivas, una trayectoria, evitando veredas y cercanía a la cerca perimetral.

Para evaluar el impacto de la intensidad de pastoreo en la superficie con quema prescrita se usó un diseño completamente al azar con seis repeticiones, cada repetición consistió en una parcela de 800 m² aproximadamente (Figura 1).

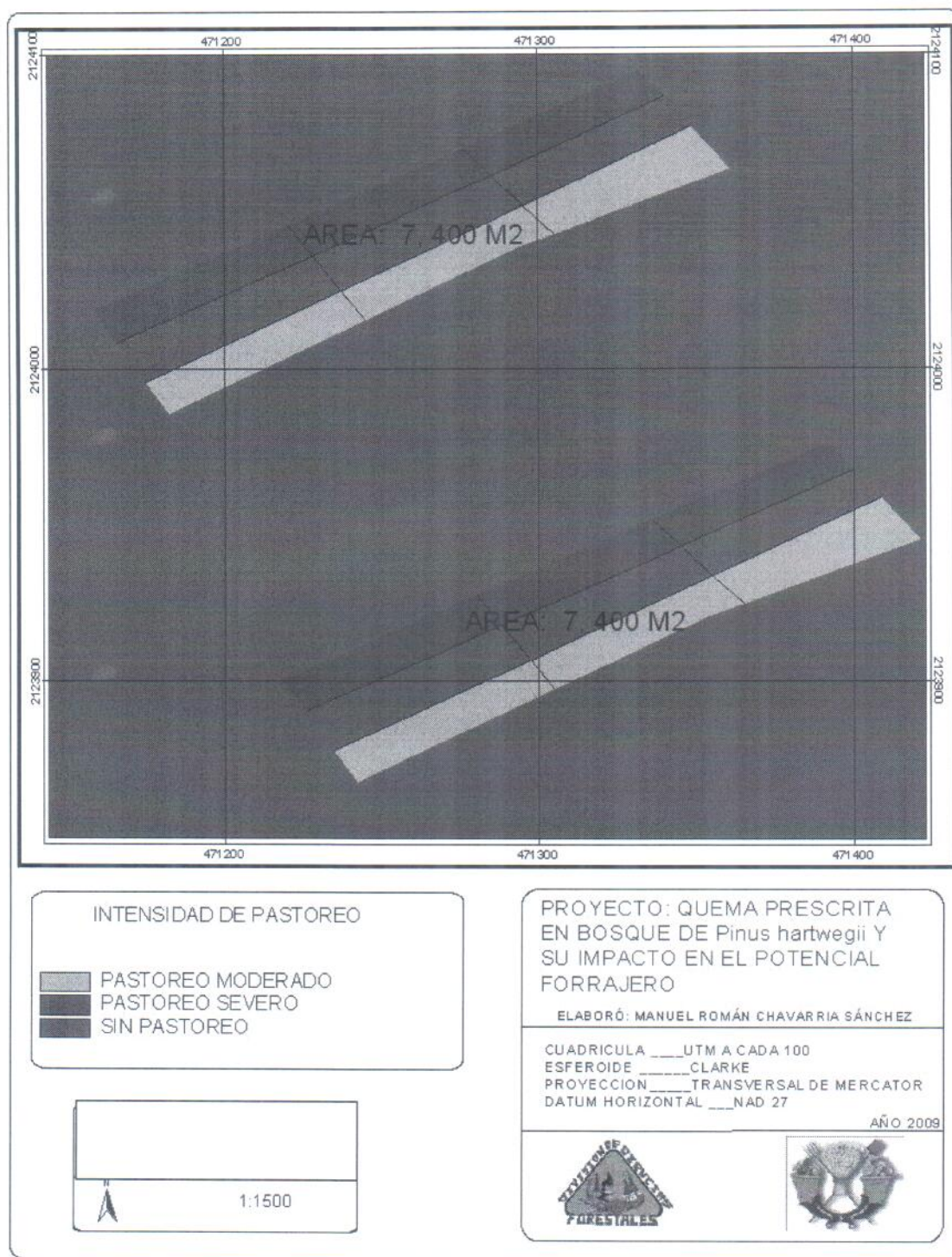


Figura 1. Áreas con quema prescrita, dentro de las cuales se les aplicaron diferentes intensidades de pastoreo.

5.3 Aplicación de tratamientos

La quema prescrita de baja intensidad. Se realizó entre el 14 y 20 de marzo de 2006, a baja intensidad en contra de viento y pendiente, con una velocidad de propagación menor a 3 m / min y un largo de llama menor a 1 m. Estas quemas prescritas fueron planeadas y conducidas por personal del Gobierno del D. F., CONAFOR-D.F. y Universidad Autónoma Chapingo.

Las intensidades de pastoreo se aplicaron en el área con quema prescrita en noviembre de 2007, se usó pastoreo en masa con una carga animal de 90 vacas (de 350 kg de peso vivo aproximadamente) por parcela, para que en un intervalo máximo de ocho horas los animales cosecharan a la intensidad deseada. Las vacas se ayunaron por 12 horas antes de ser expuestas a las parcelas, no se hizo ninguna medición en los animales.

Por la diversidad de gramíneas presentes así como su variación en la preferencia y disponibilidad para ser cosechadas por las vacas se decidió usar una gramínea en particular como indicadora de que la intensidad de pastoreo deseada se había alcanzado. Esta gramínea indicadora fue *Muhlenbergia macroura*; la selección se hizo en base a ser una de las gramíneas de mayor presencia y distribución dentro de las parcelas. La determinación de la presencia y distribución se basó en las mediciones realizadas en las estaciones de cada parcela previo al pastoreo (ver 5.5 Variables medidas).

En cada parcela, un día antes de introducir las vacas se ubicaron dos plantas de *M. macroura* éstas plantas se cortaron manualmente a la altura residual en evaluación (5 o 10 cm) y sirvieron como referencia para decidir el momento en que se lograba la intensidad de pastoreo correspondiente en el resto de la parcela, considerando únicamente a las plantas de *M. macroura* presentes en la parcela y con ello decidir el retiro de las vacas.

5.4.- Colecta e identificación de especies vegetales

La presencia de especies, en las superficies con y sin quema fue una de las variables medidas para determinar el impacto de esta práctica, por ello y para tener toda la certeza de identificación de las especies se hizo una colecta de al menos tres individuos de cada posible especie. Para el caso de herbáceas se colectaron individuos completos incluyendo todos los componentes de la parte aérea y lo máximo posible de raíz; en arbustivas y arbóreas se colectaron componentes como flor, fruto y hojas insertadas en una rama de 30 a 40 cm de longitud.

La colecta se hizo en el periodo de mayo a octubre de 2007. Los individuos colectados fueron prensados y secados para posteriormente ser sujetos a una rutina de identificación que consistió en:

1° Identificación de la especie a través de comparación visual con especímenes ya clasificados y catalogados en los herbarios del Departamento de Zootecnia y de la División de Ciencias Forestales.

2° En caso de dudas o no haber encontrado algún espécimen semejante al colectado se procedió a la identificación con claves dicotómicas basadas fundamentalmente en la identificación mediante estructuras anatómicas de la inflorescencia.

5.5.- Variables medidas

El impacto de la quema prescrita se evaluó en octubre de 2007 determinando la presencia de gramíneas y área desnuda; en las gramíneas se midió cantidad y calidad de la biomasa aérea y a su vez la cantidad de biomasa se desglosó por componente. Para determinar la presencia de gramíneas y área desnuda se ubicaron cinco y diez estaciones de medición para el área sin y con quema prescrita respectivamente. Cada estación consistió en una línea Canfield con 15 m de longitud y midiendo intercepto longitudinal al nivel del suelo. El mayor número de líneas Canfield en el área con quema prescrita responde a que la quema pudo ocasionar una mayor heterogeneidad en la composición de la vegetación y por tanto requerir un mayor número de observaciones (Fierro, 1980).

En las Figuras 2 y 3 se muestran acciones de campo asociadas con las líneas Canfield.

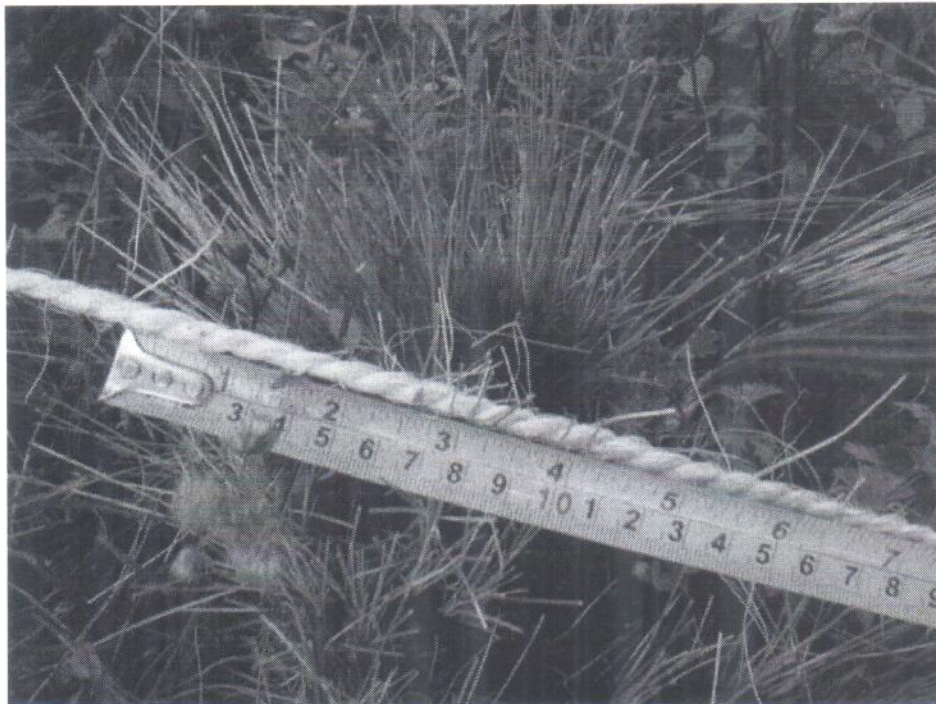


Figura 2. Medición de interceptos longitudinales por parte de los eventos.



Figura 3. Ejemplo de una línea Canfield en campo.

Las líneas Canfield en ambas áreas (con y sin quema prescrita) fueron transversales a la pendiente, paralelas entre sí y a una distancia de 10 a 15 m entre líneas consecutivas evitando siempre veredas de tránsito.

La biomasa aérea total y por componente de las gramíneas se determinó a partir de 10 estaciones de medición por área (con y sin quema prescrita), una estación fue un cuadrángulo de 50 cm por lado, ubicándose una a cada 20 pasos sobre una trayectoria en zig-zag, procurando mantenerse lejos del perímetro del área respectiva. Todo el material gramínea enraizado dentro del cuadrángulo fue cosechado con tijeras a ras del suelo, este material se metió en bolsa de papel y se llevó al laboratorio de forrajes del Departamento de Zootecnia.

En laboratorio se mezcló el material de cada bolsa y al azar se extrajo una muestra de aproximadamente 200 g, cada una de estas muestras fue separada manualmente en hoja, tallo, inflorescencia y material muerto. Cada uno de estos componentes se colocó en bolsas de papel y junto con el resto del material cosechado en campo, se secaron en estufa de aire forzado a 55° C hasta peso constante (72 h aproximadamente). Después del secado todo fue pesado para obtener los pesos en base seca y con estos pesos determinar biomasa aérea total y por componente.

Una vez registrados los pesos de los componentes y resto del material de donde fueron obtenidos se mezclaron de nuevo y se molieron en molino tipo Wiley # 4 a criba de 1 mm, conservadas en bolsas de plástico y sin exposición a radiación solar, en el material molido se realizaron los análisis para determinar calidad de la biomasa.

Los análisis para determinar calidad fueron: fibras detergente neutro (FDN) detergente ácido (FDA) por Goering y Van Soest (1970); y proteína cruda (PC) por AOAC (1980).

La evaluación del impacto de la intensidad de pastoreo en el área con quema prescrita se hizo en base al comportamiento de *M. macroura* (H. B. K.) Hitch, que fue la gramínea indicadora. La elección de *M. macroura* como indicadora fue por ser la gramínea de mayor presencia en el total de las líneas Canfield ubicadas en las áreas con quema prescrita; aun cuando la especie no es considerada por COTECOCA (1979) como especie nativa del sitio.

El comportamiento de *M. macroura* se determinó por la biomasa total y por componente al inicio (antes de aplicar el pastoreo) y final (un año después del pastoreo) determinando cantidad y calidad. Estas mediciones se hicieron en cuatro estaciones por parcela (dos antes de aplicar pastoreo y dos al año del pastoreo) ubicadas hacia el centro de la parcela, la estación fue un cuadrángulo de 50 cm por lado. Se cosechó a ras de suelo y se pesó en base

seca según se describió anteriormente, a estos pesos se les llamó inicial o final según correspondiera. La determinación de la calidad se llevó a cabo en el estado inicial mediante FDN, FDA y PC por los métodos ya señalados.

Las recuperaciones absoluta y relativa de *M. macroura* después del pastoreo se calcularon de la siguiente forma:

$$\text{Recuperación absoluta (g / m}^2\text{)} = \text{peso final (g / m}^2\text{)} - \text{peso inicial (g / m}^2\text{)}$$

$$\text{Recuperación relativa} = ((\text{peso final}) * 100) / \text{peso inicial}$$

5.6 Manejo y análisis estadístico de los datos

El impacto de la quema prescrita se determinó en un primer momento comparando la presencia de gramíneas y de área desnuda entre las áreas con y sin quema y posteriormente cada una de estas áreas con respecto de lo propuesto por COTECOCA (1979). Para ambos análisis la información de los porcentajes de aporte de gramínea y área desnuda se clasificaron por categoría (Cuadros 1 y 2), las categorías se definieron en base a la interpretación hecha por el autor de la información presente en COTECOCA (1979). Una vez asignada la categoría se procedió al análisis estadístico utilizando prueba no paramétrica de comparación de dos medias independientes (U-Mann-Whitney). La comparación de medias fue por prueba de t con varianzas combinadas o por prueba de t mediante el método de Satterthwaite si las varianzas eran desiguales (Herrera, 2005).

Cuadro 1. Categoría cualitativa y codificada según el nivel de aporte de gramíneas a la composición botánica

Calificación	Código de	Nivel de Aporte
Cualitativa	la clasificación	de Gramíneas
Pobre	1	$\leq 40 \%$
Buena	2	$> 40 \text{ y } \leq 70 \%$
Excelente	3	$> 70 \%$

Cuadro 2. Categoría cualitativa y codificada según el nivel de aporte de área desnuda

Calificación	Código de	Nivel de Aporte
Cualitativa	la clasificación	de Área desnuda
Alta	1	$\geq 45 \%$
Adecuada	2	$< 45 \text{ y } \geq 31 \%$
Excelente	3	$\leq 30 \%$

La evaluación de las intensidades de pastoreo en el área con quema prescrita comprendió dos fases: comparación del estado inicial (antes de aplicar el pastoreo) y del estado final (después de un año de haberse aplicado el pastoreo). La comparación del estado inicial se realizó para asegurar que las plantas de *M macroura* presentaban igual biomasa total y por componentes así como calidad antes de aplicar las severidades de pastoreo en evaluación; de tal

forma que cualquier diferencia en estas características después de un año del pastoreo fueran debidas a la severidad con la que se aplicó el mismo.

El análisis estadístico para comparar el estado final de *M. macroura* después de un año de aplicar las intensidades de pastoreo se hizo en base a tres variables: biomasa presente total y por componente, recuperaciones absoluta y relativa. El modelo fue completamente al azar con seis repeticiones y comparación de medias por Tukey.

Los cálculos para todos los análisis estadísticos realizados fueron usando el programa PROC GLM utilizando SAS (Statistical Analysis System) versión 8.0.

6.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1.- Especies vegetales identificadas en el área de estudio

Las especies vegetales encontradas se agruparon en gramíneas, herbáceas y arbustivas. No todas pudieron ser identificadas a nivel de género y especie por no contarse en algunos casos de frutos, flores o alguna otra parte necesaria para la identificación. El estrato arbóreo no se consideró debido a que no es de interés para este estudio. Las gramíneas identificadas en el área se presentan en el Cuadro 3.

De las seis gramíneas identificadas (Cuadro 3) solamente *Sporobolus* sp está referida por COTECOCA (1979) como una gramínea perteneciente al sitio de “Bosque Aciculifolio de *Pinus hartwegii*”. Las cinco restantes *Festuca tolucensis* (H. B. K.), *Muhlenbergia quadridentata*, *M. macroura* (H. B. K.) Hitch, *Stipa ichu* (R. P.) Kunth y *Trisetum virletii* (Fourn), las refiere COTECOCA (1979), como componentes de otros sitios cercanos. La presencia de éstas cinco gramíneas podría explicarse como especies nativas de la zona, pero con muy baja expresión en una condición de clímax y al perturbarse esta condición por quema y pastoreo pudieron proliferar y convertirse en componentes importantes del sotobosque del bosque de *Pinus hartwegii*.

Cuadro 3. Especies colectadas e identificadas en el área de estudio

a) Gramíneas

Festuca tolucensis (H. B. K.)
Muhlenbergia quadridentata
Muhlenbergia macroura (H. B. K.) Hitch
Sporobolus poiretii (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc
Stipa ichu (R. P.) Kunth
Trisetum virletii (Fourn)

b) Arbustivas

Buddleia parviflora (H. B. K.)*
Senecio barba-johannis (DC.)
Senecio cinerarioides (H. D. K.)
Verbesina virgata (Cav.)

c) Herbáceas

Alchemilla procumbens (Rose)
Bidens triplinervia (H. B. K.)
Castilleja tenuiflora (Benth)
Cirsium ehrenbergii (Sch. & Bip)
Erigeron galeottii (A. Gray ex Hemsley) Greene
Eryngium columnare (Hemsl)
Eryngium proteiflorum (Delar)
Gnaphalium oxyphyllum (DC.)
Lobelia gruina (Cav)
Lupinus montanus (H. B. K.)
Penstemon gentianoides (Don)
Potentilla ranunculoides (H. & B.)
Sabazia humilis (H. B. K.)
Taraxacum officinale L.

*Árbol de porte bajo incluido como arbusto en el presente trabajo

La mayoría de las gramíneas presentes en el área son amacolladas, porte alto de 1 m o más de altura, de pobre a mediano valor forrajero (Figura 4).



Figura 4. Gramíneas amacolladas del género *Muhlenbergia* sp. de porte alto y de pobre a mediano valor forrajero.

Al llegar a floración o madurez avanzada, estas especies tienen una alta concentración de lignina, lo que las hace poco palatables, siendo rechazadas por el ganado y de muy pobre valor nutricional. Esto a su vez evidencia dos situaciones: una es que estas gramíneas no son ideales para poder sostener un uso ganadero del bosque de *Pinus hartwegii* y por ende el rechazo al consumo puede permitir una gran acumulación de material vegetal muerto que funcionará como combustible promoviendo incendios de mayor intensidad.

En el estrato arbustivo se registraron ocho especies; sin embargo no todas se pudieron identificar a nivel de especie, por no contar al momento de la colecta para identificación con flor o fruto, componentes necesarios para una plena identificación. Por lo tanto solamente se identificaron cuatro arbustivas (Cuadro 3). De las especies identificadas COTECOCA (1979) no considera a ninguna como una arbustiva característica del sitio “Bosque Aciculifolio de *Pinus hartwegii*”.

El arribo de estas especies arbustivas al área en estudio podría deberse a incendios forestales fomentados por el humano los cuales perturbaron la vegetación eliminando o disminuyendo barreras físicas y biológicas al establecimiento de estas especies o por la migración de semillas de zonas vecinas por ser ingeridas o trasportadas por el ganado

Se hallaron catorce especies herbáceas (Cuadro 3), ninguna de ellas reconocida como perteneciente al sitio de “Bosque Aciculifolio de *Pinus hartwegii*” (COTECOCA, 1979). Algunas de estas especies son de uso medicinal (*Gnaphalium oxyphyllum*), comestibles (*Taraxacum officinale*) y otras referidas como tóxicas (*Lupinus montanus*).

Algunos de los componentes identificados de la vegetación del área en estudio no son reconocidos como especies nativas o propias del lugar, por lo que su presencia puede considerarse como indicio de perturbación de la vegetación

original, del “Bosque Aciculifolio de *Pinus hartwegii*” (COTECOCA, 1979). Las gramíneas y otras especies herbáceas presentes en el lugar son de mediano potencial ganadero.

6.2.- Impacto de la quema prescrita en la presencia de gramíneas y área desnuda

A los dos años de haberse aplicado la quema prescrita, el área que recibió dicha quema tuvo una menor ($P < 0.05$) presencia de gramíneas y mayor ($P > 0.05$) de área desnuda que el área que no recibió quema (Cuadro 4). En el área con quema prescrita la presencia de gramíneas se redujo en 30 unidades porcentuales y la de área desnuda se incrementó en 24 unidades porcentuales, con respecto a lo registrado en el área sin quema.

La reducción en la presencia de gramíneas como el aumento en área desnuda podrían tomarse como efectos ambientales negativos temporales de la aplicación de la quema; sin embargo, en el caso particular del presente estudio, estas dos consecuencias negativas podrían haberse promovido como efectos indirectos de la quema. Jack *et al.*, (2000), han señalado que las áreas quemadas atraen más el pastoreo por animales domésticos como silvestres, esto debido a la incineración de material senescente, reducción en la cobertura vegetal que permite un tránsito más fácil y mayor visibilidad, promoción de un rebrote verde de mayor contenido nutrimental, etc. Es así que otra posibilidad estriba en que en el área quemada de este estudio durante el intervalo de tiempo entre la quema y la toma de datos pudo haber ocurrido un pastoreo más

intenso que en el área sin quema, y fue este pastoreo más intenso el que promovió la reducción en la presencia de gramíneas y el aumento en área desnuda.

Cuadro 4. Presencia de gramíneas y área desnuda en áreas con y sin quema prescrita

Quema prescrita	Presencia (%)	
	Aporte de gramíneas	Área desnuda
Con	54.6 ± 16.8	54.1 ± 13
Sin	84.8 ± 12.7	30.5 ± 21
P	0.0038	0.0209

La reducción en la presencia de gramíneas como consecuencia directa o indirecta de la quema enfatizó la importancia de describir el impacto de la quema en el rendimiento por componente (tallo, hoja y material muerto) de la biomasa aérea de las gramíneas y de la calidad nutricional de la misma para ofrecer una evaluación integral de esta herramienta de manejo de la vegetación y su relación con el potencial ganadero de dicha vegetación. Más adelante se presenta esta información sobre componentes de la biomasa aérea y su calidad nutrimental.

La menor presencia de gramíneas asociada a la aplicación de quema prescrita, también implica un aspecto positivo, en cuanto a que esta reducción en las

gramíneas favorece una mayor diversidad del sotobosque por reducir la competencia de las gramíneas al establecimiento de nuevas especies. Dicha mayor diversidad de sotobosque, a causa del fuego, ha sido documentado por, Espinoza (2006), Islas (2009), Martínez (2003).

La presencia de gramíneas en el área con quema prescrita se encuentra a un nivel por debajo del indicado por COTECOCA (1979) lo que es poco común para este tipo de vegetación. Además el área sin quema prescrita favoreció que las gramíneas tendieron a mostrar ser dominantes. El potencial ganadero del bosque de *Pinus hartwegii* puede asociarse a la presencia de gramíneas, por lo que parecería que la quema podría reducir este potencial. Sin embargo, no sólo debe tomarse en cuenta el aporte de las gramíneas sino también la calidad para poder concluir si el potencial ganadero se ve o no disminuido con la aplicación de quema prescrita.

La reducción en el aporte de las gramíneas a la vegetación si bien puede reducir el potencial ganadero puede verse como un incremento en la diversidad, esto es que la dominancia de las gramíneas se reduce para permitir la presencia de otras especies (Figuras 5 y 6).



Figura 5. Mayor presencia de gramíneas en áreas sin quema prescrita.



Figura 6. Reducción en la presencia de gramíneas y mayor diversidad del sotobosque en un área con quema prescrita.

En ambas áreas la presencia de área desnuda superó a lo sugerido por COTECOCA (15 % área desnuda), pero además la quema incrementó ($P < 0.5$) en 24 unidades porcentuales en área desnuda con respecto del área sin quema (Cuadro 4).

La aplicación de quema prescrita incrementó la presencia de área desnuda esto representa un impacto negativo temporal como es el propiciar erosión hídrica. Pero también algunos autores (Martínez, 2003; Inbar *et al.*, 1998; y Benítez, 1985) han señalado algunos impactos positivos como son: eliminación parcial del material senescente poco palatable y/o digestible en las plantas, reducir el peligro de fuego fortuito de gran intensidad y/o severidad es decir, se combatió al fuego con fuego, mejorar las condiciones microclimáticas para el nuevo crecimiento de plantas deseables desde el punto de vista ganadero (gramíneas), incrementar la diversidad de especies y mejorar el ciclo de nutrientes especialmente carbono y nitrógeno (materia orgánica).

6.3.- Componentes de la biomasa aérea de gramíneas y su calidad al aplicar quema prescrita

Las gramíneas en el área sin quema prescrita tuvieron mayor ($P < 0.05$) biomasa aérea total y por componente que las ubicadas en el área con quema prescrita (Cuadro 5). La superioridad relativa de las gramíneas sin quema con respecto de las que sufrieron quema no fue homogénea a través de los componentes. En biomasa total las gramíneas sin quema tuvieron 2.7 veces más biomasa que las gramíneas con quema, mientras que en la biomasa de

tallo, hoja, inflorescencia y material muerto las gramíneas sin quema tuvieron 3.5, 2.0, 2.0 y 3.2 veces más biomasa que las gramíneas con quema, respectivamente. Esto significa que las gramíneas sin quema presentaron mucho mayor cantidad de tallo y material muerto que las gramíneas con quema pues eran más viejas, estos dos componentes son de menor calidad nutricional que la hoja (Church, 2007).

Es también importante notar que el impacto diferencial de la quema en la biomasa de los componentes se reflejó en un aporte relativo distinto: en las gramíneas con quema la biomasa de hoja y tallo representaron 32 y 25 % de la biomasa total, respectivamente; mientras que en la biomasa sin quema el aporte fue de 25 y 33 % respectivamente.

La quema prescrita ocasionó menor biomasa total y por componentes al mismo tiempo modificó los aportes relativos de estos componentes a la biomasa total, incrementando los aportes de hoja e inflorescencia y reduciendo los aportes de tallo y material muerto.

Cuadro 5. Biomasa total y por componente (g / m²) de gramíneas en áreas con y sin quema prescrita. A dos años de la aplicación de la quema prescrita

Quema prescrita	Biomasa total	Componente de la biomasa aérea			
		Tallo	Hoja	Inflorescencia	Material muerto
Con	305 ± 50	77 ± 46	99 ± 30	60 ± 34	69 ± 33
Sin	827 ± 316	271 ± 138	204 ± 86	125 ± 70	227 ± 87
P	0.0001	0.0011	0.0029	0.0213	< 0.0001

La quema prescrita además de ocasionar cambios en los aportes relativos de los componentes de la biomasa aérea, también influyó en la calidad de esta biomasa. La concentración de fibra indisoluble en detergente ácido (FDA) fue menor ($P < 0.05$) y la de proteína cruda mayor ($P < 0.05$) en las gramíneas con quema que en las sin quema, esto indica que la calidad nutrimental de la biomasa aérea con quema prescrita fue mejor que la registrada en las gramíneas sin quema (Cuadro 6). La mayor calidad nutrimental promovida por la aplicación de quema prescrita se asoció por tanto a la reducción en el aporte relativo de tallo y material muerto y junto con ello al aumento en el aporte relativo de hoja (Cuadro 5).

La fibra insoluble en detergente neutro (FDN) mostró una tendencia ($P = 0.06$) a ser mayor en las gramíneas con quema prescrita que en las de sin quema. Esto es indicativo de que la fibra en las gramíneas con quema prescrita tendió a una mayor concentración de lignina que la gramínea sin quema. Es importante resaltar que en FDN no se logró detectar una diferencia significativa, debido a que en las gramíneas sin quema se registró una variabilidad muy alta en el contenido de FDN (desviación estándar = 26.4; Cuadro 6), esto a su vez puede ser reflejo de que el rebrote fue muy heterogéneo y en algunos casos con fuerte acumulación de material senescente, mientras que en la gramínea con quema no se encontró esta gran variabilidad (desviación estándar = 2.0; Cuadro 6) por mostrar un rebrote más homogéneo.

Considerando los aspectos de biomasa aérea total, aportes relativos de los componentes de la biomasa aérea y la calidad nutricional, puede afirmarse que la quema prescrita puede mejorar el potencial ganadero del sotobosque del bosque de *P. hartwegii* a través de mejorar la calidad del forraje ofrecido pero no necesariamente a través de fomentar una mayor acumulación de forraje.

Cuadro 6. Características de calidad de forraje de la biomasa en áreas con y sin quema prescrita. A dos años de la aplicación de la quema prescrita

Quema Prescrita	FDA	FDN	Proteína
	(%)	(%)	(%)
Con	43.1 ± 2.4	95.2 ± 2.0	4.9 ± 1.1
Sin	52.7 ± 1.8	77.6 ± 26.4	2.7 ± 0.1
P	< 0.0001	0.0626	< 0.0001

La cantidad de pared celular medida como FDN en áreas sin quema prescrita presentó gran variabilidad (Cuadro 6) posiblemente debido a una mayor diversidad en estados de madurez. En el área sin quema existieron plantas con gran acumulación de material senescente pero también con presencia de nuevos rebrotes y aun plantas en estados juveniles con poca o nula cantidad de material senescente. Caso contrario al área con quema prescrita donde no se registró gran variabilidad, ya que la mayoría de las plantas se encontraban en el mismo estado de madurez.

Además de energía y fibra, todos los animales, necesitan, ingerir diariamente una dosis determinada de proteína. La misma debe cubrir los requerimientos de mantenimiento y a su vez aportar un excedente para destinarlo a producción; leche, músculo, etc. La capacidad de aportar proteína por parte del forraje es también un parámetro de calidad. Church (1974) indica que los forrajes deben contener un mínimo de 7 % de proteína cruda para que el animal no se muera de hambre, aunque no será capaz de producir; para que el animal pueda tener una buena producción el forraje debe de tener al menos 10 %. Considerando esto el contenido de proteína no es muy alentador en ambos casos (Cuadro 6).

6.4.- Rebrote de la gramínea indicadora al aplicar las intensidades de pastoreo

El estado inicial de *M. macroura* definido en base a biomasa total y por componentes fue similar ($P > 0.05$) en todas las estaciones de medición antes de aplicarse las intensidades de pastoreo (Cuadro 7). Este resultado contribuye a dar solidez a que toda diferencia que pudiese encontrarse en el estado final luego de aplicar las intensidades de pastoreo se debe a este factor de manejo de *M. macroura*.

Cuadro 7. Biomasa total y por componente (g / m²) de la gramínea indicadora *Muhlenbergia macroura* (H. B. K.) Hitch, antes de aplicar las intensidades de pastoreo

Intensidad de pastoreo por aplicar	Biomasa total	Componente de la biomasa aérea			
		Tallo	Hoja	Inflorescencia	Material muerto
Severo	316 ± 28	44 ± 36	172 ± 60	20 ± 16	80 ± 36
Moderado	340 ± 20	60 ± 48	156 ± 44	36 ± 24	88 ± 38
Sin pastoreo	328 ± 20	52 ± 24	168 ± 48	28 ± 6	80 ± 32
P	0.31	0.80	0.85	0.42	0.86

La Figura 7 muestra un individuo *M. macroura* gramínea indicadora que se usó como referencia antes de aplicar las intensidades de pastoreo.



Figura 7. Ejemplo de un individuo de *M. macroura* antes de aplicar las intensidades de pastoreo

El estado inicial en relación a las concentraciones de las fibras (ácida y neutra) y de proteína de *M. macroura* fue similar en todas las estaciones de medición antes de aplicar el pastoreo (Cuadro 8). Esta similitud permite suponer que la calidad del forraje ofrecido antes de aplicar el pastoreo no fue un factor que influyera de manera distinta en el comportamiento del pastoreo ejercido por las vacas.

Cuadro 8. Calidad de la gramínea indicadora *Muhlenbergia macroura* (H. B. K.) Hitch, antes de aplicar las intensidades de pastoreo

Intensidad de pastoreo por aplicar	FDA (%)	FDN (%)	Proteína (%)
Severo	47.80 ± 2.64	94.62 ± 3.37	4.13 ± 0.47
Moderado	47.46 ± 3.04	97.38 ± 0.93	4.06 ± 0.83
Sin pastoreo	47.64 ± 2.74	96.00 ± 1.98	4.09 ± 0.59
P	0.978	0.154	0.984

El estado final o rebrote de *M. macroura* en base a biomasa total y por componente excepto material muerto, fue similar ($P > 0.05$) entre el pastoreo severo y sin pastoreo al año de aplicar estas intensidades; sin embargo, el no aplicar pastoreo promovió una mayor ($P < 0.05$) cantidad de material muerto (Cuadro 9). La mayor cantidad de material muerto implica una reducción importante en el potencial ganadero del sotobosque pero también un mayor peligro de incendio forestal y de intensidad alta por contarse con combustible propenso a la ignición. Aplicar pastoreo controlado al sotobosque permite por

tanto mantener el potencial ganadero como reducir el peligro de fuegos no deseados.

El pastoreo moderado redujo ($P < 0.05$) en 1.5, 1.4 y 2.7 veces la biomasa total, de hoja e inflorescencia respectivamente en comparación con el pastoreo severo; pero sin diferencia ($P > 0.05$) en tallo y material muerto (Cuadro 9).

Cuadro 9.- Biomasa total y por componente (g / m²) de la gramínea indicadora *Muhlenbergia macroura* (H. B. K.) Hitch, a un año de aplicar diferente intensidad de pastoreo

Intensidad de pastoreo	Biomasa Total	Componente de la biomasa aérea			
		Tallo	Hoja	Inflorescencia	Material muerto
Severo	350 ± 28 a	99 ± 20a	180 ± 45 a	61 ± 14 a	10 ± 6 b
Moderado	225 ± 43 b	59 ± 20 ^a	124 ± 28 b	22 ± 10 b	19 ± 4 b
Sin pastoreo	452 ± 130 a	112 ± 66a	176 ± 34 ab	46 ± 13 a	117 ± 65 a
P	0.0008	0.1085	0.0327	0.0004	0.0003

a,b,... Medias en igual columna con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey)

Aplicar pastoreo a cualquiera de las dos intensidades, provocó que el aporte relativo a la biomasa total por parte del componente hoja fuera superior al 50 %, mientras que en las plantas sin pastoreo este aporte quedó por debajo del 25 %. La mayor proporción de hoja al aplicar pastoreo controlado implica una vegetación de sotobosque con alto potencial de fotosíntesis y con ello de poder capturar mayor cantidad de CO₂, convirtiendo la práctica de pastoreo en un

elemento sinérgico para la captura de carbono por parte de la vegetación de bosque de *Pinus hartwegii*.

M. macroura pastoreada a intensidad moderada, luego de un año, no mostró recuperación en biomasa total y de inflorescencia, pero sí cuando se pastoreó en forma intensa o no se pastoreó ($P < 0.05$; Cuadro 10). Esta situación es difícil de explicar ya que en el pastoreo moderado se dejó una mayor cantidad de hoja residual con alto potencial fotosintético lo que podría favorecer un rebrote vigoroso y que en un tiempo corto se recuperara la cantidad cosechada (MacAdam and Nelson, 2003).

Cuadro 10.- Recuperación absoluta del rebrote en base a biomasa total y por componente (g / m²) en *Muhlenbergia macroura* (H. B. K.) Hitch, a un año de aplicar diferente intensidad de pastoreo

Intensidad de pastoreo	Biomasa Total	Componente de la biomasa aérea			
		Tallo	Hoja	Inflorescencia	Material muerto
Severo	27 ± 42 a	52 ± 39a	6 ± 47a	37 ± 18 a	-70 ± 40 b
Moderado	-120 ± 37 b	-1 ± 50a	-33 ± 31a	-14 ± 23 b	-71 ± 34 b
Sin pastoreo	118 ± 133 a	57 ± 80a	8 ± 57a	18 ± 14 a	34 ± 71 a
P	0.0007	0.1977	0.2524	0.0010	0.0035

a,b,... Medias en igual columna con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey).

Aplicar pastoreo a cualquiera de las dos intensidades redujo la cantidad de material muerto, con respecto a la cantidad presente antes de aplicar el mismo; mientras que no aplicar pastoreo incrementó la cantidad de material muerto ($P < 0.05$; Cuadro 10). No aplicar pastoreo puede permitir mantener y aun aumentar la biomasa total de *M. macroura* pero a costa también de incrementar el material muerto lo que en el largo plazo implicará una reducción progresiva en el potencial ganadero e incremento en el peligro de incendios por acumulación de combustible proclive a la ignición.

M. macroura con pastoreo moderado solamente logró recuperar 65 y 97 % de sus biomasa total y en inflorescencia quedando por debajo ($P < 0.05$) a lo mostrado con el pastoreo severo o sin pastoreo (Cuadro 11).

Aplicar pastoreo a cualquier intensidad implicó reducir a menos del 25 % la cantidad original de material muerto y no aplicar pastoreo permite una acumulación de hasta 1.6 veces de esta cantidad de material muerto (Cuadro 11).

El pastoreo severo permitió una gran recuperación relativa en la inflorescencia lo que puede asegurar la permanencia de la cobertura por gramíneas, mientras que no pastorear favoreció una progresiva acumulación de material muerto lo que promoverá una reducción en el potencial ganadero e incremento en el peligro de incendio de alta intensidad.

Cuadro 11.- Recuperación relativa (%) del rebrote en base a biomasa total y por componente *Muhlenbergia macroura* (H. B. K.) Hitch, a un año de aplicar diferente intensidad de pastoreo

Intensidad de pastoreo	Biomasa total	Componente de la biomasa aérea			
		Tallo	Hoja	Inflorescencia	Material muerto
Severo	109 ± 14 a	325 ± 212 a	109 ± 31a	389 ± 269 a	23 ± 31 b
Moderado	65 ± 11b	185 ± 149 a	83 ± 20a	97 ± 85 b	24 ± 8 b
Sin pastoreo	136 ± 40 a	282 ± 242a	112 ± 34a	172 ± 59 ab	160 ± 107 a
P	0.0009	0.4984	0.2056	0.0231	0.0027

a,b,... Medias en igual columna con al menos una literal en común no son diferentes (Tukey).

La Figuras 8 a 10 muestran individuos de *M. macroura* usados como referencias al año de aplicar las intensidades de pastoreo: severa, moderada y sin pastoreo, respectivamente. En estas fotos es importante resaltar la gran diferencia en la presencia de material muerto en la planta sin pastoreo y la relativa pobre recuperación en hojas en la planta a pastoreo moderado.



Figura 8. Ejemplo de un individuo de *M. macroura* en una estación de medición con intensidad de pastoreo severo a un año de su aplicación.



Figura 9. Ejemplo de un individuo de *M. macroura* en una estación de medición con intensidad de pastoreo moderado a un año de su aplicación.



Figura 10. Ejemplo de un individuo de *M. macroura* en una estación de medición con intensidad de pastoreo sin pastoreo a un año de su aplicación.

7.- CONCLUSIÓN GENERAL

La quema prescrita influye sobre las características de la vegetación del sotobosque del bosque de *Pinus hartwegii*. En particular la cobertura de gramíneas componente de esta vegetación mejoró en calidad nutrimental para bovinos en pastoreo, pero no necesariamente en rendimiento y aporte de gramíneas a la vegetación a dos años de la aplicación de una quema prescrita.

7.1.- CONCLUSIONES PARTICULARES

- La quema prescrita y el uso ganadero pueden ser componentes sinérgicos en el manejo y aprovechamiento de la vegetación del sotobosque del *Pinus hartwegii*
- La quema prescrita en vegetación de bosque de *Pinus hartwegii* a dos años de su aplicación promovió disminución en el aporte de gramíneas pero de una mejor calidad forrajera, por lo que favorece un mayor potencial ganadero.
- El aplicar pastoreo severo sobre la cobertura de gramíneas del sotobosque después de una quema prescrita incrementa la proporción de hojas, tallos, inflorescencia y disminuye el material muerto. Esto último reduce el peligro de incendios forestales o la necesidad de aplicar fuego por parte de los ganaderos para reducir la cantidad de material muerto.

8.- RECOMENDACIONES

En el manejo del sotobosque de *Pinus hartwegii* es recomendable incorporar la quema prescrita como una herramienta, para mejorar el potencial ganadero, incrementar la diversidad y reducir el riesgo de fuego no deseado en dicha vegetación.

La quema prescrita y la aplicación de pastoreo son prácticas de manejo de bosque de *Pinus hartwegii* que pueden complementarse para mejorar el potencial ganadero como para reducir el peligro de incendios forestales.

Es importante continuar con investigaciones como la presente, incorporando quemas en mayo, cuando se hace más uso del fuego con este fin en la región y cuando causa más daños al arbolado.

LITERATURA CITADA

- **Adams S. N. 1975.** Sheep and cattle grazing in forests; A Review. J. Applied Ecology (12): 143-152 p.
- **Afif K. E., Olivera P. J. A. 2006.** Efectos del fuego prescrito sobre el matorral en las propiedades del suelo. Investigación Agraria. Universidad de Oviedo. Gonzalo Gutiérrez de Quirós, s/n. 33600 Mieres. España. 262-270 pp.
- **Aguirre T. L. 2000.** Impacto de la quema controlada en los pastizales de los Paramos de la Sierra Central del Perú. (en línea). UNALM. Consultado el 3 de Octubre de 2008. Disponible en <http://www.paramo.org/portal/node/1590>
- **Álvarez A. E., Hernández R. A. 1982.** Producción de carne y calidad del forraje consumido por ovinos en bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. Tesis profesional. Depto. de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.
- **Anderson D. L. 1984.** El fuego como elemento de Manejo del Pastizal Natural. Informativo Rural. E. E. A.. INTA San Luis, Villa Mercedes, 20:3-4 <http://www.produccion-animal.com.ar>
- **Andreu V., Rubio J.L., Forteza J., Cerni R., 1994.** Long term effects of forest fires on soil erosion and nutrient losses. Soil erosion of forest fires. Geoderma, Logroño, España. 79-90 pp.
- **AOAC 1980.** Official methods of analysis. Association of official agricultural chemists (Ed) 13 th edition Washington EUA 1015 pp.

- **Becerra L. F., 1995.** Establishment of *Pinus montezumae* Lamb. In the presence of fire, grass and grazing in the highland of central México (seedling). Ph. D. Thesis, School of Forestry and Environmental Studies. Yale University. 124 pp.
- **Benítez B. G. 1985.** Efectos del fuego en la vegetación herbácea de un bosque de *Pinus hartwegii* Lindl., en la sierra del Ajusco. Aportes a la ecología urbana de la Ciudad de México. Limusa, d. F. 111-152 pp.
- **Church D. C. 1974.** Fisiología digestiva y nutrición de los rumiantes. Vol 2. Nutrición. Editorial Acribia, Zaragoza, España. 234 pag
- **CONAFOR (Comisión Nacional Forestal), 2008.** Programa Nacional de Protección contra Incendios Forestales. Resultados 2008. Gobierno Federal SEMARNAT.
- **COTECOCA (Comisión Técnico Consultiva para la Determinación regional de los Coeficientes de Agostadero). 1979.** Tipos de vegetación, sitios de productividad y coeficientes de agostadero. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, Morelos y Distrito Federal. 154 pp.
- **Contreras M. J., Retama H. A., Rodríguez T. D. A. y Sánchez R. J. M. 2003.** Gases del humo de incendios en bosques de *Pinus hartwegii*. Agrociencia 37:309-316 pp.

- **De Luis M., Raventós J., Cortina J., González H.J.C., Sánchez J.R., 2003.** Fire and torrential rainfall: effects on the perennial grass *Brachypodium retusum*. Plant Ecology 33-65 pp.
- **Duvall V.L., Whitaker L. B. 1964.** Rotation Burning: a forage management system for longleaf Pine-Bluestem Ranges. J. Range. Manage 17:322-326 pp.
- **Edmond D. B. 1964.** Some effects of sheep treading on the growth of 10 pastures species. New Zeland J. Agric. Res.
- **Espinoza M. L. A. 2006.** Sinecología del sotobosque de *Pinus hartwegii* Lindl. dos y tres años después del quemado. Chapingo México. 119 pp
- **Farjon A. y Styles B. T. 1997.** Pinus (Pinaceae). Flora Neotropica. Monograph 75. New York Botanical Garden. New York. 291 p.
- **Fierro L. C. 1980.** Método de intercepción en línea o línea de Canfield y uso en el estudio de los pastizales. Serie Técnico Científica, Vol 1 No 1. Coordinación Nacional de Manejo de Pastizales, INIP-SARH. 101 pp.
- **Flores G. J. G. y Benavides S. J. de D. 2004.** Incendios Forestales; Capitulo 2, Avances de la investigación en incendios forestales en México (2004). México. CONAFOR-Mundi-Prensa. 12-25 pp.
- **Garduño V. S., Pérez P. J., Hernández G. A., Herrera H. J. G., Martínez H. P. A., Joaquín T. B. M. 2009.** Rendimiento y dinámica de

crecimiento estacional de ballico perenne, pastoreado con ovinos a diferentes frecuencias e intensidades. Técnica Pecuaria. 47 (2): 189 – 202

- **Goering H. K., and P. J. Van Soest. 1970.** Forage fiber analyses. USDA Agric. Handbook No 379. US Government Printing Office. Washington. DC.
- **Hardesty J, R. L. Myers and W. Fulks. 2005.** Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservations issue. The George Wright Forum 22:78-87 pp
- **Hernández G. A., Pérez B. T., Pérez P. J., Herrera H. J. G., Barcera G. R. 2002.** Respuesta productiva y dinámica de rebrote de ballico perenne a diferentes alturas de corte. Técnica Pecuaria en México, Vol 40 No 006. INIFAP México. 251 – 256 pp.
- **Herrera H. J. G., Barrera S. A. 2005.** Análisis estadístico de experimentos pecuarios. Manual de Procedimientos (Aplicaciones del Programa SAS). Ganadería, Colegio de Posgraduados Campus Montecillo. México. Segunda Edición. 89 – 109 pp.
- **Inbar M., Tamir M., Wittenberg L. 1998.** Runoff and erosion processes after a forest fire in Mount Carmel, a Mediterranean area, Geomorphology 24, 17-33 pp.

- **INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática).** 2003. Conjunto de datos toponímicos y vectoriales. Distrito Federal. Escala 1:250000. México.
- **INEGI (Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática).** 1998. Modelo de elevación digital. Distrito Federal, Clave E1402MDE. Escala 1:250000. México.
- **Islas M. G. E. 2009.** Diversidad del sotobosque y radiación solar en un bosque de *Pinus hartwegii* Lindl. con quema prescrita. Chapingo México. 75 pp
- **Jack L. L., S. Telfer E. and Scott S. D. 2000.** Wildland fire in Ecosystems; Effects of fire on fauna; Direct Effects of Fire and Animal Responses. United States Department of Agriculture. Forest Service v. 1. 83 pp.
- **Jack L. L., Robert G. H., S. Telfer E., Scott S. D. 2000.** Wildland fire in Ecosystems; Effects of fire on fauna; Fire Effects on Wildlife Foods. United States Department of Agriculture. Forest Service v. 1. 83 pp.
- **Komarek E. V. 1974.** Effects of fire on temperature Forest and Related Ecosystems. Academic Press. Inc. New York. San Francisco London. P. 483-504 pp.
- **Kunst C. 2000.** El fuego como herramienta de manejo del pastizal natural. INTA. (en línea). Consultado 4 de Noviembre 2008. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar>

- **Kutiel P. 1994.** Fire and ecosystem heterogeneity: a Mediterranean case study. *Earth Surface Processes y Landforms* 19, 187-194 pp.
- **Lewis C. E. and Harshbarger T. J. 1976.** Shrub and herbaceous vegetation after 20 years of prescribed burning in the south Carolina coastal plain. *J. Range Manag* 29 (1):13-18.
- **Lloret F. 2004.** Régimen de incendios y regeneración. En: *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente. 101-126 pp.
- **MacAdam J. F. and Nelson C. J. 2003.** Fisiology of forage plants. *In* Forages. An introduction to grassland agriculture. Vol. 1. R. F. Barnes, C. J. Nelson, M. Collins and K. J. Moore [eds]. Blackwell Publishing 73-97. EUA. 556 pp.
- **Marcos E., Alonso P., Tarreaga, R. y Luis-Calabuig, E. 1995** Temporary changes of the edhaptic characteristics during the first year of postfire regeneration in two oak groves. *Arid Soil research and Rehabilitation* 9: 289-297 pp.
- **Marcos E. R. Tarreaga, y E. Luis-Calabuig. 2000.** Comparative analysis of runoff and sediment yield with a rainfall simulator after experimental fire. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 14: 293-307 pp.

- **Martínez H. H. C. 2003.** Sinecología del Sotobosque de *Pinus hartwegii* Lindl en áreas quemadas. Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. DICIFO. Chapingo, Estado de México. Universidad Autónoma Chapingo. 170 pp.
- **Martínez H. B. 1986.** Sistema de Clasificación de Suelos FAO / UNESCO.
- **Mitchell R. J. 1998.** Comunicación personal. Investigador del Joseph W. Jones Ecological Research Center, Georgia, EUA.
- **Mutch R. W. 1970.** Wildland fires and ecosystems: a hypothesis. Ecology, 51: 6.
- **Myers L. R. 2006.** Enfoques de los usos del fuego. Iniciativa Global para el Manejo del Fuego. The Nature Conservancy. Disponible en: <http://nature.org/fire>, <http://tncfuego.org>
- **Perry Jr. J. P. 1991.** The pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon, USA. 26-28 pp.
- **Rodríguez T. D. A. 1996.** Incendios forestales. Mundi Prensa-Universidad Autónoma Chapingo- División de Ciencias Forestales-Instituto Nacional de Investigación Forestal y Agropecuaria. México, D. F. 630 pp.

- **Rodríguez T. D. A. 2000.** Propuesta del manejo del fugo. *In:* Rodríguez T. D. A.; Rodríguez A. M.; Fernández S. F.; Pyne S. J. Educación e incendios forestales. Mundi Prensa. México, D. F. 201 p.
- **Rodríguez T. D. A. and P. Z. Fulé. 2003.** Fire ecology of Mexican pines and a fire a management proposal. *Int. J. Wildland fire* 12:23-37. Pp
- **Rodríguez T. D. A.; Carlos S. U. B.; Zepeda B. M.; Carr R. V. 2007.** First year survival of *Pinus hartwegii* following prescribed burns at different intensities and different seasons in central Mexico. *International Journal of Wildlandfire* 16: 54-62.
- **Romanya J., P. Casals, y R. Vallejo. 2001.** Short-term effects of fire on soil nitrógeno availability in Mediterranean grasslands and shrublands growing in old fields. *Forest Ecology Management* 147: 39-53 pp
- **Rzedowski J. 1981.** Guías botánicas de excursiones en México IV. Sociedad botánica de México. Publicación conmemorativa 61 pp.
- **Secretaria General de Gobierno 2003,** Peligros de origen químico y localización de zonas vulnerables. Atlas Estatal de Riesgos. Incendios Forestales, Santa María Chimalapas.
- **Smith CH. C. 1940.** The effect of overgrazing and erosion upon the biota of the mixed-grass prairie of Oklahoma. *Ecology* 21:318-357 pp.

- **Smith D. R. 1967.** Effect of cattle grazing on a ponderosa pine buchgrass range in Colorado. United States Department of Agric. Circ. 1371. 60 pp
- **Solís P. M. 1994.** Monografía de Pinus hartwegii Lindl. Tesis de licenciatura. UACH. DICIFO. Chapingo, Edo. de México. p. 3-4, 24, 122 pp.
- **USDA (United States Department of Agriculture) 2000.** Fire Effects on Animal Communities. Wildland Fire in Ecosystems. Effects of Fire on Fauna. Forest Service, General Technical Report RMES-GTS-42-volumen 1.
- **White L. D. and Wayne H. C. 2001.** Prescribed Range Burning in Texas (en línea). Texas A&M System. Consultado 14 de Noviembre de 2008. Disponible en <https://agrillifebookstore.org>
- **Vogl R. J. 1974.** Effects of fire on Grasslands. Fire and Ecosystems Academy Press. New York pp. 139-194 pp
- **Zavala Ch. F. 1984.** Sinecología de la vegetación de la Estación de Enseñanza e Investigación Forestal Zoquiapan, Estado de México y Puebla. Tesis de Licenciatura Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia Michoacán México. 164 pp.

Anexo No 1

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield uno en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	21,10,15,15,13,10	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	20,20,40,28	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	40,50,14,35,30	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A.Schultes) A.S. Hitchc	3,2,2,2	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	5,5,5,5,10	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	2,40,10,30,70,12,5,13,140,30,40,20,30,46	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)	1,2,1,2,1,2,2,1,	
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		300
Otros		
Ocochal	10,10,10,10,12,5,20,10,15,14,10,45,3,13,3,20,10	
Área desnuda	380	

Anexo No 2

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield dos en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	5,9,3,20,4,30,10,10,15	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	10,6,10,30,10,20,10,5,20,20	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	50,50,30,60,50,55,50,40,	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	20,10,10,15,5,10,10	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	10,10,10,10	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)	13	
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)	3	
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	38,10,17,20,16	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)	1,1,1,1,1,1	
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)	2,3,1.5,2.5,2,3,2	
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene	30,20,	
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)	5,2,2,10,2	
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)	2,1,2,2,2,1,1,1,2,1,2,1,2,1,1,2,2,1,2,1,1,1,2,1,1,2,1,	
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		140
Otros		
Ocochal	30,4,24,7,30,20,12,10,40	
Área desnuda	12,10,90,100,111	

Anexo No 3

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield tres en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	5,10,14	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	40, 50, 56, 14	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	46, 50, 80, 50, 70	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc		
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)		
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	26, 30	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)	2,4, 3,2,4	
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	25, 10, 37	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	1,1,2,1,1,2,1,1,3,1,1,1,1,2,1,1,2,1,3,1,1,2,3,2,2,1,1	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)	1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1	
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		200,300,500
Otros		
Ocochal	10,65,10,20,5,30,10,20,40,34	
Área desnuda	574	

Anexo No 4

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield cuatro en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	10,15	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	40,40,28,13	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	30,46	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc		
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	9,3,9,8	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	22,10,10,15,20,25,50,70,10,30,10	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	30,7,20	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	2,2,2,1,1,2,1,2,2,1,1,1,2,1,2,2,2,2,1,1,1,2,1,1,1,1	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		300,400
Otros		
Ocochal	10,20,50,28,10,20,20	
Área desnuda	732	

Anexo No 5

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield cinco en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	5	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	20,10	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	20,50,40,25	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc		
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)		
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	5,50,10,40	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	30,20	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	1,1,2,1,1,1,2,1,1,1,1,2,1,2,1,1,2,2,2,1,2,1,1,1,1,2,1,2,1	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		400,500,400
Otros		
Ocochal	60	
Área desnuda	1000	

Anexo No 6

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield seis en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	5	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	10,30,30,30	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	37,30	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	2,5,3,10,2	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	5,3,3	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	10,5,5,3,20,40,30,160,20,35,26,50,10,5,30	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene	2,1,2,1,1,1,1,2,1,1,1,2,1,1,2,2,1	
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	1,1,1,1,1,1,1,2,1,1,1,1,1,1,1,1,2,1,2,2,1,1,1	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	30	
Otros		
Ocochal	50,20,12,14,20,30,10,15,30,15,15	
Área desnuda	532	

Anexo No 7

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield siete en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	10,20,28,8	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	40,4,20	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	20,40,10,26,13,30,40	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	10,15	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	9,3	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)	5,10,5	
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)	2,2,2,3,2	
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	22,10,10,15,20,25,50,70,10,30,10	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	30,20	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)	2,2,1,2	
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	2,1,2,2,2,2,1,2,2,2,1,2,2,1,2,2,1,2,1	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)	2,2,1,2,3,2,1,2,3,2,1,2,1,1,2,1,1,1,1,2,1	
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		
Otros		
Ocochal	10,20,50,28,10,20,20	
Área desnuda	561	

Anexo No 8

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield ocho en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	10,20,	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	33,40,30,40	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	30,20,10,20	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	36	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	15,10	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)	5,3,5,2	
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	12,15,22,26,9,120,5,208	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)	2,2,2,1,1,2,2,2,1,2,2,1	
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)	5,10,5,5	
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	20,10	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)	3,2,3,3,2,3,2,3,	
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)	2,2,1,2,2,1,2,1,2,2,2	
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	30	400
Otros		
Ocochal	50,100,50,40,69	
Área desnuda	300	

Anexo No 9

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield nueve en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	13,15	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	50,30,10,20	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	16,20,20,30,18,19	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	2,5,3,2	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	3,2,2,2,3	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)	2	
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)	2,2,3,2	
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)		
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	25	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)	1,2,1,1,1,1,1,1,2,1	
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	2,2,2,2,1,2	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)	2,3,2,2,1,2	
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)	1,1,1,	
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)	5,3,2,4	
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl	5	
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	37,25	900
Otros		
Ocochal	150,50,300,200,200	
Área desnuda	160	

Anexo No 10

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield diez en área con quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	10,5,10,5	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	50,30,30,20	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	20,15,15,20,40,20,30,25	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	13	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	15,5,10,5,5	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	150,70,100,30,40,100	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)	5,5,10,5	
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	10	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)	2,2,1,1,1,1,2,1,2,2,2	
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)	1,1,2,2,2,2,2,1,2,1,1,2	
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)	2,1	
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	10,20	500
Otros		
Ocochal	120	
Área desnuda	418	

Anexo No 11

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield once en área sin quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	20,22,40	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	40,40,30,50,50,50,50,50	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	60,30,30,60,40,30,60,50,50,40,40,50,60,50,50	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	5,10,,12,8,7,9	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)		
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth	1,15,12	
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	10,13,40,2,7,10,9,30	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	24	500
Otros		
Ocochal	50,20	
Área desnuda	39	

Anexo No 12

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield doce en área sin quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	20,10	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	30,30,10,60,20,20	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	80,35,45,10,15,40,60,5	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	25	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	13,15	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	10	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	30	300,500
Otros		
Ocochal	30,20,35,30,30,14,6,16,15,100,15,10,13,120,30,40,	
Área desnuda	420	

Anexo No 13

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield trece en área sin quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	20,40	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	22,40,40,50,50	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	30,50,50,45,60,30,50,50,50,50,20,60	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	18	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)	5	
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)	12	
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)	13,10	
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)		400,300
Otros		
Ocochal	9,12,40,29,30,35,70,10,90,7,12,40,35,10,20,10,7	
Área desnuda	109	

Anexo No 14

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield catorce en área sin quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	40,50	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	30,40,50,50,70,40	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitchc	50,60,60,40,30,50,60,50,60,60,50,70,80,50,50	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc		
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)		
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)		
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	20,20,25	600
Otros		
Ocochal	245	
Área desnuda		

Anexo No 15

Composición botánica y área desnuda en la línea Canfield quince en área sin quema prescrita.

Fecha 5 de Octubre 2007

Componente Botánico	C. Basal (cm)	C. Aérea (cm)
Gramíneas		
<i>Festuca tolucensis</i> (H. B. K.)	30,40	
<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	50,40,60,50,50	
<i>Muhlenbergia macroura</i> (H. B. K.) Hitch	50,70,60,50,50,40,40,50,60,50,40,40	
<i>Sporobolus poiretii</i> (Roemer & J.A. Schultes) A.S. Hitchc	30	
<i>Trisetum virletii</i> (Fourn)		
<i>Stipa ichu</i> (R. P.) Kunth		
Arbustivas		
<i>Buddleia parviflora</i> (H. B. K.)		
<i>Senecio cinerarioides</i> (H. D. K.)		
<i>Verbesina virgata</i> (Cav.)		
Herbáceas		
<i>Alchemilla procumbens</i> (Rose)		
<i>Bidens triplinervia</i> (H. B. K.)		
<i>Cirsium ehrenbergii</i> (Sch. & Bip)		
<i>Erigeron galeottii</i> (A. Gray ex Hemsley) Greene		
<i>Eryngium columnare</i> (Hemsl)		
<i>Eryngium proteiflorum</i> (Delar)		
<i>Gnaphalium oxyphyllum</i> (DC.)		
<i>Lobelia gruina</i> (Cav)		
<i>Lupinus montanus</i> (H. B. K.)		
<i>Penstemon gentianoides</i> (Don)		
<i>Potentilla ranunculoides</i> (H. & B.)		
<i>Sabazia humilis</i> (H. B. K.)		
<i>Taraxacum officinale</i> L.		
Arbóreas		
<i>Abies religiosa</i> (H. B. K.) Cham. & Schl		
<i>Pinus hartwegii</i> (Lindl.)	30,20,20	500
Otros		
Ocochal	100,100,80,90	
Área desnuda	128	

Anexo 16

Datos de laboratorio de gramíneas en área sin quema prescrita para determinar FDA.

No de Muestra	Muestra inicial (g)	Papel filtro (g)	Muestra inicial más papel filtro (g)	Residuo (g)	FDA %	Promedio
1	0.2349	1.0720	1.1960	0.1240	53	52
2	0.2070	1.0737	1.1814	0.1077	52	
3	0.2355	1.0622	1.1806	0.1184	50	50
4	0.2679	1.0664	1.2015	0.1351	50	
5	0.2600	1.0709	1.2117	0.1408	54	54
6	0.2385	1.0499	1.1790	0.1291	54	
7	0.2426	1.0563	1.1778	0.1215	50	50
8	0.2469	1.0492	1.1727	0.1235	50	
9	0.2168	1.0641	1.1835	0.1194	55	55
10	0.2570	1.0519	1.1953	0.1434	56	
11	0.2727	1.0499	1.1966	0.1467	54	53
12	0.2642	1.0658	1.2060	0.1402	53	
13	0.2138	1.0402	1.1546	0.1144	54	54
14	0.2190	1.0487	1.1661	0.1174	54	
15	0.1977	1.0567	1.1651	0.1084	55	55
16	0.2039	1.0379	1.1497	0.1118	55	
17	0.2277	1.0526	1.1712	0.1186	52	52
18	0.2309	1.0610	1.1824	0.1214	53	
19	0.2106	1.0525	1.1602	0.1077	51	51
20	0.2039	1.0581	1.1628	0.1047	51	

Anexo 17

Datos de laboratorio de gramíneas en área con quema prescrita para determinar FDA

No de Muestra	Muestra inicial		Papel filtro		Muestra inicial más		Residuo		FDA %	Promedio
	(g)	(g)	(g)	(g)	papel filtro (g)	(g)	(g)	(g)		
1	0.2519		1.0698		1.1718		0.1020		40	40
2	0.2212		1.0873		1.1768		0.0895		40	
3	0.2086		1.0836		1.1747		0.0911		44	44
4	0.2186		1.0690		1.1642		0.0952		44	
5	0.2455		1.0559		1.1621		0.1062		43	43
6	0.2281		1.0653		1.1634		0.0981		43	
7	0.2206		1.0622		1.1572		0.0950		43	43
8	0.2476		1.0561		1.1634		0.1073		43	
9	0.2511		1.0744		1.1945		0.1201		48	48
10	0.2208		1.0876		1.1934		0.1058		48	
11	0.2308		1.0793		1.1829		0.1036		45	45
12	0.2155		1.0842		1.1798		0.0956		44	
13	0.2500		1.0413		1.1425		0.1012		40	40
14	0.2137		1.0542		1.1398		0.0856		40	
15	0.2235		1.0581		1.1567		0.0986		44	44
16	0.2755		1.0633		1.1860		0.1227		45	
17	0.2406		1.0570		1.1535		0.0965		40	40
18	0.2534		1.0610		1.1642		0.1032		41	

Anexo 18

Datos de laboratorio de gramíneas en área sin quema prescrita para determinar FDN

No de Muestra	Muestra inicial (g)	Papel filtro (g)	Muestra inicial más papel filtro (g)	Residuo (g)	Pared celular (%)	Promedio
1	0.2128	1.1448	1.3059	0.1611	76	76
2	0.2186	1.1310	1.3026	0.1650	75	
3	0.1967	1.1214	1.2877	0.1865	95	95
4	0.2073	1.1043	1.2998	0.1955	94	
5	0.2076	1.1215	1.2946	0.1731	83	84
6	0.2025	1.1167	1.2866	0.1699	84	
7	0.2016	1.1041	1.2755	0.1714	85	85
8	0.2075	1.1140	1.2911	0.1771	85	
9	0.2066	1.1175	1.2958	0.1783	86	86
10	0.2227	1.0986	1.2915	0.1929	87	
11	0.2119	1.1160	1.3059	0.1899	90	90
12	0.2054	1.1205	1.3047	0.1842	90	
13	0.2273	1.1074	1.2939	0.1865	82	82
14	0.1983	1.1069	1.2709	0.1640	83	
15	0.2030	1.0908	1.2694	0.1786	88	88
16	0.2194	1.1171	1.3120	0.1949	89	
17	0.2285	1.1274	1.3187	0.1913	84	84
18	0.2395	1.1089	1.3087	0.1998	83	
19	0.2110	1.1122	1.2944	0.1822	86	87
20	0.2238	1.1060	1.3002	0.1942	87	

Anexo 19

Datos de laboratorio de gramíneas en área con quema prescrita para determinar FDN

No de Muestra	Muestra inicial (g)	Papel filtro (g)	Muestra inicial más papel filtro (g)	Residuo (g)	Pared celular (%)	Promedio
1	0.1903	1.1238	1.3053	0.1815	95	95
2	0.2282	1.1047	1.3222	0.2175	95	
3	0.2111	1.0803	1.2794	0.1991	94	95
4	0.2267	1.1027	1.3175	0.2148	95	
5	0.2332	1.0932	1.3193	0.2261	97	97
6	0.2169	1.1158	1.3258	0.2100	97	
7	0.2073	1.1213	1.3210	0.1997	96	97
8	0.1898	1.1040	1.2880	0.1840	97	
9	0.1917	1.1079	1.2926	0.1847	96	96
10	0.2100	1.1072	1.3090	0.2018	96	
11	0.2454	1.1073	1.3322	0.2249	92	92
12	0.2104	1.1013	1.2946	0.1933	92	
13	0.2186	1.1127	1.3372	0.2015	92	92
14	0.2015	1.1147	1.3309	0.1864	93	
15	0.1907	1.1053	1.3146	0.1836	96	96
16	0.2210	1.1034	1.3156	0.2122	96	
17	0.2227	1.1002	1.3174	0.2172	98	98
18	0.2205	1.1159	1.3572	0.2159	98	

Datos de laboratorio de gramíneas en área sin quema prescrita para determinar proteína

No de muestra	Muestra inicial (g)	Titulación (ml)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)	Promedio
1	0.1008	0.5	0.4571	2.8568	2.8102
2	0.1042	0.5	0.4422	2.7636	
3	0.1033	0.5	0.4460	2.7876	2.7999
4	0.1024	0.5	0.4499	2.8121	
5	0.1105	0.5	0.4170	2.6060	2.4880
6	0.0810	0.4	0.3792	2.3701	
7	0.0845	0.4	0.3635	2.2719	2.5191
8	0.1041	0.5	0.4426	2.7662	
9	0.0982	0.5	0.4692	2.9324	2.8778
10	0.1020	0.5	0.4517	2.8232	
11	0.1043	0.5	0.4417	2.7609	2.7124
12	0.1081	0.5	0.4262	2.6639	
13	0.1006	0.5	0.4580	2.8625	2.8264
14	0.1032	0.5	0.4465	2.7903	
15	0.1100	0.5	0.4189	2.6178	2.6096
16	0.1107	0.5	0.4162	2.6013	
17	0.0993	0.5	0.4640	2.8999	2.8533
18	0.1026	0.5	0.4491	2.8067	
19	0.1064	0.5	0.4330	2.7064	2.7593
20	0.1024	0.5	0.4499	2.8121	

Datos de laboratorio de gramíneas en área con quema prescrita para determinar proteína

No de muestra	Muestra inicial		Titulación (ml)	Nitrógeno		Proteína	
	(g)			(%)		(%)	Promedio
1	0.1053		0.7	0.7292		4.5578	4.6155
2	0.1027		0.7	0.7477		4.6732	
3	0.1037		0.7	0.7405		4.6281	4.7042
4	0.1004		0.7	0.7648		4.7803	
5	0.1016		0.7	0.7558		4.7238	4.7168
6	0.1019		0.7	0.7536		4.7099	
7	0.0991		0.6	0.6199		3.8744	3.8724
8	0.0992		0.6	0.6193		3.8705	
9	0.1031		0.9	1.0427		6.5171	6.4551
10	0.1051		0.9	1.0229		6.3931	
11	0.1032		0.6	0.5953		3.7204	3.8092
12	0.0985		0.6	0.6237		3.8980	
13	0.1033		0.9	1.0407		6.5045	6.5076
14	0.1032		0.9	1.0417		6.5108	
15	0.0997		0.6	0.6162		3.8511	3.8225
16	0.1012		0.6	0.6070		3.7940	
17	0.1069		0.9	1.0057		6.2854	6.4364
18	0.1020		0.9	1.0540		6.5874	

Anexo 22

Datos de laboratorio de gramínea indicadora *M. macroura* en área con quema prescrita para determinar FDA previo al pastoreo

Intensidad de pastoreo	Muestra inicial (g)	Papel filtro (g)	M. l. más papel filtro (g)	Residuo (g)	FDA %	Promedio
Moderado	0.2075	1.0612	1.1555	0.0943	45	45
	0.2063	1.0613	1.1545	0.0932	45	
	0.2571	1.0717	1.1860	0.1143	44	45
	0.2445	1.0580	1.1674	0.1094	45	
	0.2053	1.0564	1.1585	0.1021	50	49
	0.2265	1.0618	1.1732	0.1114	49	
	0.2205	1.0625	1.1675	0.1050	48	48
	0.2560	1.0630	1.1854	0.1224	48	
	0.2106	1.0780	1.1734	0.0954	45	45
	0.2302	1.0581	1.1623	0.1042	45	
	0.2664	1.0636	1.2028	0.1392	52	52
	0.2327	1.0656	1.1880	0.1224	53	
Severo	0.2362	1.0545	1.1787	0.1242	53	52
	0.2132	1.0679	1.1791	0.1112	52	
	0.2511	1.0582	1.1728	0.1146	46	45
	0.2306	1.0650	1.1693	0.1043	45	
	0.2052	1.0719	1.1654	0.0935	46	46
	0.2074	1.0596	1.1543	0.0947	46	
	0.2132	1.0699	1.1750	0.1051	49	49
	0.2049	1.0610	1.1623	0.1013	49	
	0.2124	1.0634	1.1631	0.0997	47	47
	0.2381	1.0746	1.1859	0.1113	47	
	0.2110	1.0723	1.1720	0.0997	47	47
	0.2231	1.0561	1.1612	0.1051	47	
No pastoreo	0.2153	1.0587	1.1584	0.0997	46	46
	0.2087	1.0668	1.1633	0.0965	46	
	0.2476	1.0732	1.1860	0.1128	46	46
	0.2285	1.0607	1.1653	0.1046	46	
	0.2051	1.0587	1.1604	0.1017	50	49
	0.2199	1.0659	1.1741	0.1083	49	
	0.2140	1.0611	1.1609	0.0999	47	47
	0.2306	1.0675	1.1754	0.1080	47	
	0.2206	1.0715	1.1714	0.0999	45	45
	0.2407	1.0582	1.1676	0.1094	45	
	0.2398	1.0658	1.1910	0.1252	52	52
	0.2345	1.0601	1.1834	0.1233	53	

Anexo 23

Datos de laboratorio de gramínea indicadora *M. macroura* en área con quema prescrita para determinar FDN previo al pastoreo

Intensidad de pastoreo	Muestra inicial (g)	Papel filtro (g)	M. I. más papel filtro (g)	Residuo FDA (g)	%	Promedio
Moderado	0.2294	1.1208	1.3413	0.2205	96	97
	0.2268	1.0970	1.3168	0.2198	97	
	0.2186	1.1005	1.3151	0.2146	98	99
	0.2166	1.1094	1.3235	0.2141	99	
	0.2151	1.1204	1.3291	0.2087	97	97
	0.2236	1.1183	1.3357	0.2174	97	
	0.2730	1.1021	1.3703	0.2682	98	98
	0.2369	1.0886	1.3224	0.2338	99	
	0.2454	1.1028	1.3418	0.2390	97	97
	0.2659	1.0991	1.3580	0.2589	97	
	0.2656	1.0969	1.3525	0.2556	96	96
	0.2529	1.0859	1.3297	0.2438	96	
Severo	0.2597	1.0974	1.3313	0.2339	90	90
	0.2184	1.1025	1.2996	0.1971	90	
	0.2378	1.1020	1.3200	0.2180	92	92
	0.2169	1.1280	1.3261	0.1981	91	
	0.2281	1.1151	1.3398	0.2247	99	98
	0.2382	1.1046	1.3386	0.2340	98	
	0.2850	1.1230	1.3890	0.2660	93	94
	0.2745	1.1226	1.3803	0.2577	94	
	0.2741	1.1363	1.4030	0.2667	97	98
	0.2513	1.0714	1.3173	0.2459	98	
	0.2706	1.0829	1.3436	0.2607	96	97
	0.2915	1.0706	1.3524	0.2818	97	
No pastoreo	0.2605	1.0957	1.3469	0.2512	96	97
	0.2487	1.0900	1.3302	0.2403	97	
	0.2350	1.0860	1.3162	0.2303	98	98
	0.2454	1.1229	1.3633	0.2404	98	
	0.2448	1.1215	1.3547	0.2332	95	95
	0.2543	1.1207	1.3624	0.2417	95	
	0.2556	1.1034	1.3545	0.2511	98	98
	0.2325	1.1019	1.3311	0.2293	99	
	0.2312	1.1154	1.3340	0.2186	95	95
	0.2519	1.1006	1.3390	0.2385	95	
	0.2420	1.0997	1.3261	0.2264	94	93
	0.2563	1.0917	1.3305	0.2389	93	

Anexo 24

Datos de laboratorio de gramínea indicadora *M. macroura* en área con quema prescrita para determinar proteína previo al pastoreo

Intensidad de pastoreo	Muestra inicial (g)	Titulación (ml)	Nitrógeno (%)	Proteína (%)	Promedio
Moderado	0.1001	0.6000	0.6137	3.8357	4
	0.0998	0.6000	0.6156	3.8472	
	0.1010	0.8000	0.9124	5.7022	6
	0.0991	0.8000	0.9298	5.8116	
	0.1038	0.6000	0.5918	3.6989	4
	0.1047	0.6000	0.5867	3.6671	
	0.0999	0.6000	0.6149	3.8433	4
	0.1024	0.6000	0.5999	3.7495	
	0.1086	0.6000	0.5657	3.5355	4
	0.1028	0.6000	0.5976	3.7349	
	0.1060	0.6000	0.5795	3.6222	4
	0.1032	0.6000	0.5953	3.7204	
Severo	0.0946	0.6000	0.6494	4.0587	4
	0.0992	0.6000	0.6193	3.8705	
	0.0986	0.6000	0.6230	3.8940	4
	0.1062	0.6000	0.5785	3.6153	
	0.1029	0.7000	0.7463	4.6641	5
	0.0999	0.7000	0.7687	4.8042	
	0.1009	0.6000	0.6088	3.8053	4
	0.1004	0.6000	0.6119	3.8242	
	0.0998	0.7000	0.7694	4.8090	5
	0.1028	0.7000	0.7470	4.6687	
	0.1039	0.6000	0.5913	3.6954	4
	0.0996	0.6000	0.6168	3.8549	
No pastoreo	0.0999	0.6000	0.6152	3.8453	4
	0.1019	0.6000	0.6032	3.7698	
	0.1019	0.7500	0.8289	5.1809	5
	0.0995	0.7500	0.8494	5.3085	
	0.1021	0.6000	0.6017	3.7605	4
	0.1028	0.6000	0.5976	3.7349	
	0.0999	0.6500	0.6918	4.3238	4
	0.1027	0.6500	0.6733	4.2079	
	0.1074	0.6000	0.5720	3.5750	4
	0.1007	0.6000	0.6100	3.8128	
	0.1026	0.6000	0.5988	3.7422	4
	0.0989	0.6000	0.6212	3.8822	