



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS y NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

TESINA PRESENTADA PARA OBTENER
EL GRADO ACADÉMICO DE
INGENIERA EN RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE

“EFECTOS DEL PASTOREO VACUNO SOBRE CARGAS DE COMBUSTIBLE PARA
FUEGOS EN ÁREAS DE MONTE DE LA PROVINCIA DE LA PAMPA”.

MARINA CECILIA COCK

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2010

Prefacio

Esta Tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniero en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Manejo de Fauna Silvestre, Departamento de Recursos Naturales de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales durante el período comprendido entre el 13 de Marzo de 2009 y el 7 de Junio de 2010, bajo la dirección del MSc. Diego Villarreal.

Agradezco a Diego Villarreal por su ayuda en la elaboración del proyecto, el trabajo de campo y principalmente por su tiempo y paciencia en las exhaustivas y reiteradas correcciones que me permitieron aprender mucho en el desarrollo de mi tesina. A la Administración de Parques Nacionales por permitirme trabajar en el Parque Nacional Lihue Calel, así como al personal del Parque por el apoyo brindado durante el trabajo de campo. A la facultad de Ciencias Exactas y Naturales por la financiación de este proyecto. También a Mariano Gonzalez Roglich, Mariana Chiuffo, Maite Betelu y José Hierro, quienes aportaron sugerencias. Por último quiero agradecer a quienes brindaron su apoyo para realizar este proyecto: a mi padre y a toda mi familia, a Viole, Nelba, Jorgelina, Nati, Jose, Lucas, Romi y a Juan y familia.

Marina Cecilia Cock

Departamento de Recursos Naturales
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad Nacional de La Pampa

Resumen

El fuego es un fenómeno natural que existe en la mayoría de los ecosistemas terrestres desde el surgimiento de las plantas terrestres. Su comportamiento está regulado por el clima, la topografía y el combustible presente en el sitio. La modificación en las características del combustible, por acción humana, ocasiona cambios en la frecuencia y comportamientos de los incendios. El pastoreo influye fuertemente sobre la carga y distribución del material combustible. El propósito de este estudio fue evaluar el combustible en el Parque Nacional Lihue Calel, luego de 8 meses de exclusión del pastoreo vacuno, y un área vecina pastoreada para entender la influencia del consumo del ganado doméstico sobre el combustible y proveer información necesaria para el manejo de fuegos. Para esto se midió la carga y la distribución horizontal y vertical del combustible presente en los estratos arbustivo, herbáceo y en la broza en cada sitio. Se encontró que en el Parque Nacional Lihue Calel la carga, cobertura y altura del material fino fue mayor a las presentes en el Campo pastoreado. En cuanto a la masa de arbustos se encontró diferencia aunque no atribuible a un efecto del pastoreo. Por su parte, la cantidad de broza no presentó diferencias significativas. Los resultados sugieren que la exclusión del pastoreo puede llevar a una importante acumulación de material combustible fino en plazos muy cortos y como consecuencia ocasionar fuegos más intensos con efectos más severos en el área.

Abstract

Wildfire is a natural phenomenon that occurs in most terrestrial ecosystems since the origin of terrestrial plants. Fire behavior at a particular site is regulated by weather, topography and fuel load. Fuel characteristics can be modified by human actions leading to changes in fire frequency and behavior. For example, grazing has a strong influence on fuel load and its spatial distribution. The aim of this study was to assess fuel loads after eight months of cattle grazing exclusion at Lihue Canel National Park and at a nearby area with cattle grazing to understand the influence of cattle consumption on fuels and provide information necessary for fire management. Fuel load and vertical and horizontal fuel distribution at litter, herbaceous and shrub layers were evaluated. Fuel load, horizontal cover and herbaceous height were greater at Lihue Canel National Park. Shrub fuel was different between sites, but it wasn't considered as a cattle grazing effect. Litter load didn't have differences between sites. These results suggest that excluding cattle from an area can lead to an important fine fuel accumulation in a short period and in consequence fire can be more intensive and with severe effects.

Índice

Introducción.....	1
Objetivos.....	4
Área de estudio.....	4
Materiales y métodos.....	5
Análisis estadístico.....	7
Resultados.....	8
Combustible en el estrato herbáceo	8
Combustible en la superficie del suelo	10
Combustible en el estrato arbustivo.....	11
Determinación del modelo de combustible.....	12
Discusión.....	13
Bibliografía.....	14

Introducción

El fuego es un factor ambiental presente en la mayoría de los biomas terrestres (Kunst, 2003) cuya aparición en el registro fósil coincide con la de las plantas (Bowman, 2009). Su origen está ligado al de las plantas terrestres debido a que éstas aportaron el combustible y el oxígeno necesarios para la combustión (Pausas y Keely, 2009). Desde entonces y durante millones de años los incendios naturales tuvieron fuerte influencia en la composición, estructura y función de muchos ecosistemas (Bond y Keely, 2005). Los fuegos eran iniciados por fuentes de ignición naturales como los rayos, por lo general durante los períodos secos, en sitios donde había suficiente biomasa acumulada para permitir su desarrollo.

El comportamiento de un incendio natural está condicionado por tres factores: el combustible disponible, el clima y la topografía. En base a registros paleontológicos hallados en el oeste de Estados Unidos, en los últimos 11000 años hubo un incremento en la cantidad de biomasa disponible y en la cantidad de biomasa quemada, este hecho sugiere que la cantidad o carga de combustible actúa como un control importante de la frecuencia de incendios (Gavin et al., 2007). El clima también tiene una incidencia importante ya que la disponibilidad de combustible aumenta si existe una estación seca (Pausas y Keely, 2009). Existen registros de sedimentos de carbón que demuestran esta fuerte relación entre el clima y el fuego, con una mayor actividad de incendios en estaciones cálidas (Bowman et al., 2009). Por otro lado, factores topográficos como la altura, grado y orientación de la pendiente afectan la humedad del combustible y, en consecuencia, la intensidad de quema (Iniguez, 2008). La pendiente afecta la dispersión del fuego ya que la llama precalienta los combustibles en sectores más altos al avanzar sobre la misma (Iniguez, 2008).

Ante condiciones topográficas y climáticas constantes las características del combustible determinan el comportamiento de un incendio. El combustible en un sitio se caracteriza por su carga, distribución y profundidad (Nader, 2007). La carga es la cantidad de combustible disponible, tiene relación directa con el calor liberado por un fuego (Knapp, 2005) y un efecto importante en la dispersión del mismo. A mayor carga de combustible, más energía es liberada en la combustión, sin embargo la velocidad de dispersión del fuego es menor (Van Wagendonk, 2006).

La carga podría ser utilizada como una medida de riesgo de incendio para un área determinada, aunque la distribución vertical (estratificación) y horizontal (cobertura) del combustible pueden ser tan importantes como la carga de combustible (Chaffey, 1999). De acuerdo a la afirmación anterior, sin continuidad vertical no se produciría fuego en la copa de los árboles. La continuidad horizontal determina el potencial del fuego de dispersarse en el paisaje (Nader, 2007). La profundidad del combustible (altura del material vegetal presente en el área) incide principalmente en la altura de llama y junto con la carga son las variables de mayor importancia en el comportamiento del fuego en un arbustal (Van Wagtendonk, 2006).

La carga de combustible es específica para un área en un momento dado y varía en función de factores bióticos y abióticos. Algunos autores consideran que las precipitaciones poseen la mayor influencia sobre la cantidad de materia vegetal herbácea, (Westoby et al., 1989) mientras otros argumentan que factores bióticos, como la herbivoría, son más importantes (Hutchinson, 1996; Fynn y O'Connor, 2000). Según Sawadogo et al. (2005) el ganado reduce la biomasa total del estrato herbáceo señalando diferencias según consuman especies perennes o anuales. De esta manera al reducir la posibilidad de ocurrencia de un incendio, se genera un cambio en el régimen y también en las características del fuego al ser menos intensos. El pastoreo elimina la continuidad horizontal del combustible facilitando el control de incendios naturales o accidentales (Deffosé et al., 2003). Sin embargo, la biomasa arbustiva puede aumentar como consecuencia de una disminución de la competencia con el estrato herbáceo (Deffosé et al., 2003) y aumentar por lo tanto la intensidad y altura de llama en un incendio.

Los incendios naturales pueden generar grandes problemas para su control durante las estaciones secas (Van Wagtendonk, 2006) por lo que debieron desarrollarse herramientas específicas para prever su comportamiento. Por ello, a partir de 1970 se comenzaron a desarrollar modelos matemáticos con el objeto de predecir la ocurrencia, velocidad de dispersión e intensidad de los fuegos. Estos modelos matemáticos, denominados modelos de fuego, utilizan ecuaciones que describen esas características potenciales de un fuego (Arroyo, 2008). Uno de los componentes de los modelos de fuego, en adición a los que incluyen los aspectos climáticos y geográficos, es el que trata con las características del combustible y se denomina modelo de combustible (Anderson, 1982).

Este se define como el conjunto de características del combustible que, de acuerdo a las condiciones climáticas, regula el comportamiento del fuego al influenciar su velocidad de propagación, energía calórica liberada y la altura y efectos de la llama (Rodríguez, 2003). Inicialmente, Rothermel (1972) presenta once modelos en los que algunas características del combustible son compartidas y asumidas como constantes mientras que las diferencias en la predicción del comportamiento se basan en las diferentes cargas de biomasa, tamaños de partícula y profundidad del combustible. Luego, Anderson (1982) establece 13 modelos de combustible diferenciados según la carga de combustible, la altura de la vegetación y humedad de extinción (humedad en la que el combustible no se quema). Estos modelos asumen condiciones de sequía para el desarrollo del incendio. En fecha más reciente, Scott y Burgan (2005) desarrollan un nuevo sistema de modelos aplicables a quemas prescriptas y regiones húmedas. Incorporan, además de la carga de combustible, la relación superficie volumen, el contenido calórico y la humedad del combustible.

En el pasado se consideraba al fuego como enemigo del ecosistema y por ello la política predominante fue la supresión del mismo. Paradójicamente, esto llevó a que se produzcan incendios de mayor frecuencia, extensión e intensidad. Estados Unidos, luego de 70 años de aplicar una política de exclusión de fuegos, reconoce en 1990 la necesidad del uso del mismo para evitar eventos catastróficos (Keane, 2000). En Argentina, las políticas de fuego se concentraron en el combate de incendios más que en el manejo adecuado de las cargas de combustibles en los sitios de alto riesgo de incendios. Una estrategia similar se aplicó también en los Parques Nacionales, los cuales incrementaron los recursos destinados al control de fuegos sin obtener resultados positivos. Es probable que el problema surja no sólo de condiciones climáticas particulares sino por la acumulación de combustibles debida al manejo inadecuado (Kunst, 2003). Un ejemplo es el del Parque Nacional El Palmar, allí la exclusión del ganado luego de su creación provocó la acumulación de grandes cantidades de biomasa y ocasionó incendios más intensos (Salguero, 2003). En el Parque Nacional Mburucuyá, debido a que la exclusión del ganado produjo aumento de la biomasa de herbáceas y de densidad de arbustos, se ha planteado la posibilidad de usar el fuego con el objeto de restaurar la comunidad (Salguero, 2003). En el Parque Nacional Lihue Calel, donde está incluida una de las áreas de estudio de este trabajo, se observó también un

aumento de la biomasa en las nuevas áreas incorporadas en 2007 de las que se excluyó el pastoreo de ganado doméstico.

En la actualidad se está considerando aplicar prácticas de manejo en las áreas protegidas con el fin de restablecer el régimen natural de disturbios y de prevenir o enfrentar los fuegos accidentales. De los factores que intervienen en el inicio y comportamiento de un incendio, sólo se puede manejar el combustible y no se puede planificar el manejo de fuegos sin tener un conocimiento del mismo (Rodríguez, 2003). Más aún, los modelos de combustible constituyen herramientas importantes para la predicción del comportamiento de fuego y por lo tanto sería de gran utilidad su uso en áreas con alto riesgo de incendios como las del monte pampeano. El Parque Nacional Lihue Calel sufrió un fuerte incendio en el año 2003 que generó daños en las personas y severas modificaciones sobre el ecosistema. Los numerosos antecedentes de ocurrencia de fuegos en el Parque Nacional Lihue Calel y sus alrededores y la ampliación de la superficie de este Parque, destacan la importancia de generar una base de información sobre las cargas de combustibles y sus características.

Objetivos

- Evaluar la carga de combustible de áreas recientemente incorporadas al Parque, sin pastoreo, respecto de áreas aledañas con pastoreo.

- Determinar los modelos de combustible posibles incluidos en la serie producida por Scott y Burgan (2005) para las áreas de estudio y predecir el comportamiento probable de un fuego producido en ambos sitios de estudio.

Área de estudio

El estudio se realizó en el Parque Nacional Lihue Calel y estancias vecinas. El Parque Nacional Lihue Calel se ubica en el centro sur de la provincia de La Pampa, en el NO del departamento Lihue Calel. Es la zona de choque entre las masas de aire frío proveniente del sureste con los vientos cálidos del noreste, lo cual genera un promedio de cinco tormentas eléctricas en los meses más cálidos y secos del año, causales de numerosos incendios naturales (Salguero, 2003).

El parque se incluye en la región fitogeográfica del monte (Cabrera y Willink, 1980), caracterizada por arbustal de *Larrea divaricata* (*L. div.*), *L. cuneifolia* (*L. cun.*), *L. nítida* (*L. nit.*), *Condalia microphylla* (*C. mic.*), *Geoffroea decorticans* (*G .dec.*), *Prosopis flexuosa* var. *depressa* (*P. flex.*), *Schinus fasciculatus* (*S. fas.*), *Chuquiraga erinacea* (*C. erin.*) y *Senna aphylla* (*S. aph.*) (Cano, 1980). En cuanto al estrato herbáceo, el Parque Nacional Lihue Calel presenta distintas comunidades vegetales de acuerdo a la posición topográfica. En las crestas se halla roca desnuda, en la alta y media pendiente se encuentran pastizales de *Bothriochloa* sp. o *Aristida spegazzinii*, en la media y baja pendiente pastizales de *Aristida trachyanta* o *Poa ligularis* y en las depresiones o llanos con leve pendiente predomina *Stipa tenuissima* (Zabalza, 1986). El área de estudio se ubicó sobre un llano aledaño a las sierras con predominancia de *S. tenuissima* y *Jarava ichu*.

El área de estudio consiste de dos sitios, uno (denominado en adelante Sitio PN) incorporado en el año 2007 al Parque Nacional Lihue Calel, en el que el ganado doméstico fue retirado 8 meses antes de la realización de las tareas de campo para este trabajo. El sitio restante (denominado en adelante Sitio Campo) es en el campo aledaño, utilizado para la ganadería y pastoreado con la continuidad e intensidad que la productividad del pastizal dicta (Imagen 1). En ambos sitios se encuentra un herbívoro nativo, el guanaco (*Lama guanicoe*). Sin embargo, éste utiliza principalmente la zona serrana del Parque Nacional Lihue Calel.

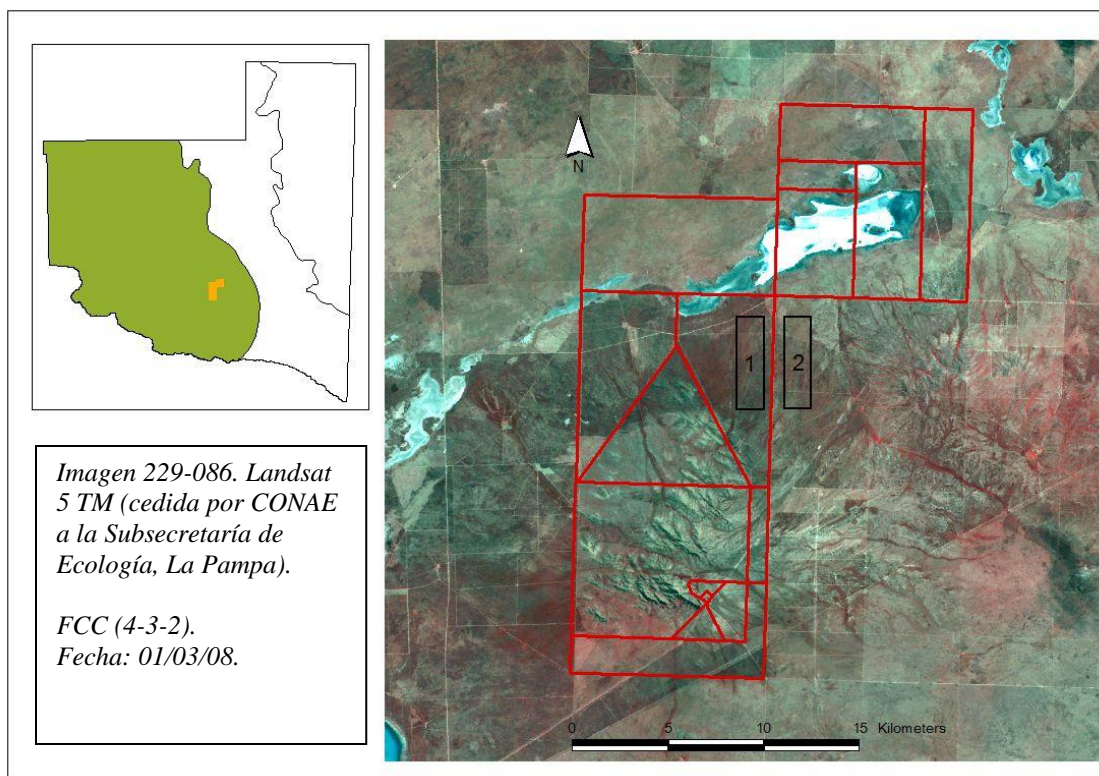


Imagen 1. A) Ubicación del Parque Nacional Lihue Calel en La Pampa. En color se resalta la región fitogeográfica del monte. B) Ubicación de los sitios de estudio. En línea roja se indican las parcelas del PN Lihue Calel. Los sitios se indican en los recuadros negros: 1-Sitio PN, 2-Sitio Campo.

Materiales y métodos

El muestreo se realizó en marzo de 2008, sobre el fin del verano, época de alto peligro de incendio. En cada sitio de estudio se establecieron 12 transectas de 20 m de largo, separadas entre sí por 300 m. Las transectas se ubicaron al menos a 100 m de la picada que separa ambos sitios de estudio y el rumbo de las mismas fue establecido al azar. Sobre cada transecta se dispusieron tres cuadratas de $0,25 \text{ m}^2$, ubicadas a 0 m, 10 m y 20 m del inicio.

Las variables que se midieron son las siguientes: masa combustible en estratos arbustivo, herbáceo y en superficie, cobertura de vegetación, altura de vegetación y densidad de arbustos. Para la selección del modelo sólo se tuvo en cuenta la cobertura y carga de combustible por estrato. Las demás variables se incorporaron al estudio para conocer las características de combustible y comparar los sitios de estudio.

Masa combustible en estratos arbustivo, herbáceo y en superficie

Para determinar la biomasa del estrato herbáceo se realizó el corte al ras del suelo de gramíneas y dicotiledóneas en las cuadratas de cada transecta. El material extraído se guardó en bolsas de papel y se secó en estufa a 65° C hasta peso constante. El peso se midió en balanza con una precisión de 0,01 g.

El combustible en superficie está representado por la broza presente. Para estimar la carga de broza presente sobre la superficie del suelo, la misma se colectó en bolsas de papel y se secó en estufa a 65° C hasta peso constante. Se consideró broza a todo el material vegetal muerto sobre la superficie del suelo y desprendido de la planta madre. Los pesos de los diferentes estratos se expresaron en toneladas/hectárea.

La biomasa del estrato arbustivo en los sitios de estudio se estimó por medio de las ecuaciones predictivas establecidas por Hierro et al. (2000) para el cálculo de la biomasa total de los arbustos más comunes de la zona. Para esto se midió diámetro del tallo más largo a 10 cm del suelo, ancho máximo de corona, ancho perpendicular al ancho máximo y altura.

Cobertura de vegetación

La cobertura de vegetación herbácea, suelo desnudo y broza se evaluó de forma ocular en las tres cuadratas dispuestas en la transecta. Se registró la cobertura herbácea discriminada en gramíneas y dicotiledóneas, anuales y perennes y se las clasificó en función de su estado como vivas o muertas. También se estimó de forma ocular la cobertura de arbustos sobre el total de la superficie de cada transecta.

Altura de vegetación

Se midió la altura promedio de las gramíneas y dicotiledóneas en cada cuadrata y la altura de los arbustos incluidos en la transecta.

Densidad de arbustos

Para el cálculo de densidad se contó el número de individuos por especie incluidos en las transectas.

Selección del modelo

De acuerdo a Scott y Burgan (2005) los pasos a seguir para la selección del modelo son:

- 1) Determinar combustible principal que dispersaría el fuego en el área, de acuerdo a la cobertura y carga de combustible de cada estrato. Así, por ejemplo, en un bosque abierto, sería el pastizal el principal combustible si es que se presenta con elevada cobertura y carga.
- 2) Considerar la humedad de extinción (humedad a la cual el combustible no se quema). Este parámetro está asociado con el clima. La humedad de extinción en áreas áridas es menor a la que se presenta en áreas húmedas.
- 3) Considerar profundidad (altura de la vegetación), tamaño del combustible, vegetación verde presente.
- 4) No restringir la selección a un único modelo.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables se realizó con el programa Infostat (versión 2009). Para testear la normalidad de las variables se utilizó el estadístico Shapiro-Wilks. Luego se procedió a probar la homocedasticidad de varianzas utilizando la prueba de Fisher. Se utilizó la prueba t-student para testear la diferencia entre sitios para todas las variables que cumplieron con el supuesto de normalidad. Cuando existieron diferencias en las varianzas también se optó por utilizar la prueba t- student debido a la robustez de este test a la violación del supuesto de homocedasticidad (Zar, 2003).

En los casos en que las variables no poseían distribución normal, se procedió a la transformación correspondiente de los datos. Así, a la variable cobertura (%) de suelo desnudo se le efectuó la transformación $\arcsin(p)$, donde p es la cobertura expresada como proporción. En aquellos casos donde no se logró normalizar los datos transformándolos, se utilizó el test de Mann Whitney para testear la diferencia entre sitios. Para todos los casos, se consideró que existen diferencias estadísticas significativas cuando el valor de probabilidad es inferior al 5 %.

Los resultados presentados corresponden a valores de promedios \pm un error estándar.

Resultados

Combustible en el estrato herbáceo

El peso seco de la vegetación del estrato herbáceo en el sitio PN fue mayor al del sitio Campo, ($t_{(22)}$, $p= 0,0024$) (Figura 1). En ambos sitios predominaron las gramíneas perennes y las dicotiledóneas representaron una pequeña proporción del peso total (Figura 2). La diferencia de masa combustible encontrada en este estrato está dada por las gramíneas ya que las dicotiledóneas no presentan diferencias entre sitios (Figura 3).

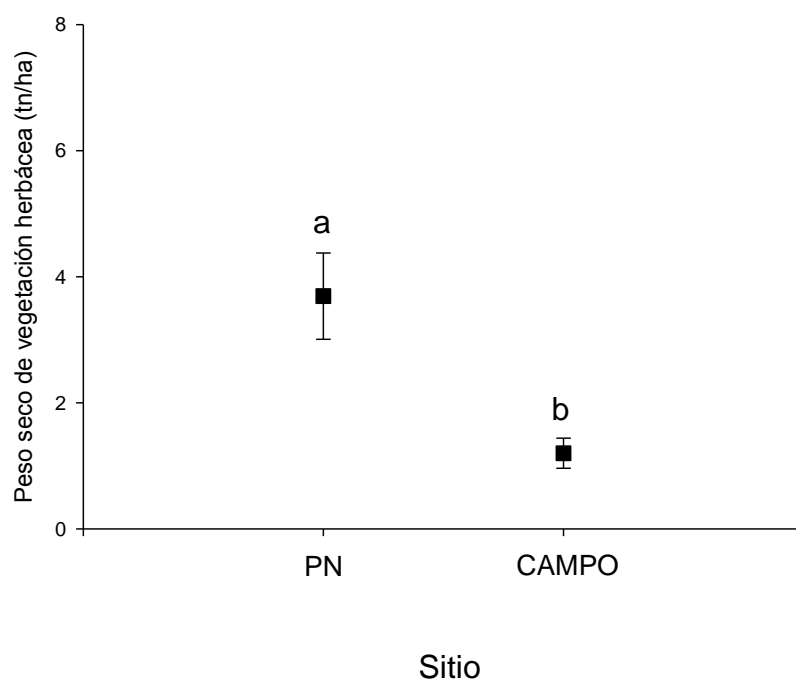


Figura 1: Carga de combustible ($\bar{X} \pm EE$) presente en el estrato herbáceo en los sitios de estudio (PN $3,69 \pm 0,68$; Campo $1,2 \pm 0,24$). Letras distintas indican diferencias significativas entre sitios.

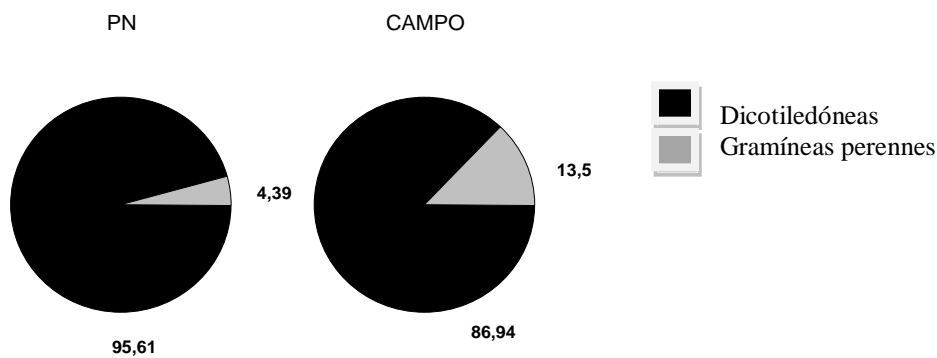


Figura 2: Proporción relativa (%) de dicotiledóneas y gramíneas respecto del peso de la vegetación total del estrato herbáceo en cada sitio.

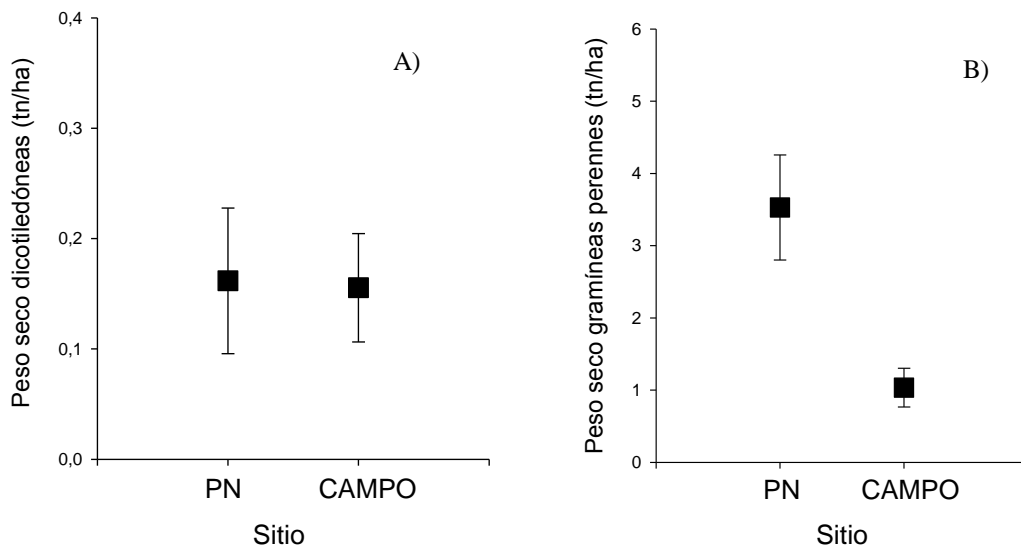


Figura 3: Composición del combustible del estrato herbáceo ($\bar{X} \pm EE$) en los sitios de estudio. A) Dicotiledóneas (PN $0,16 \pm 0,07$; Campo $0,16 \pm 0,05$) y B) Gramíneas perennes (PN $3,52 \pm 0,73$; Campo $1,04 \pm 0,27$).

La cobertura de vegetación en el sitio PN duplica a la del sitio Campo mientras la de suelo desnudo fue mucho menor (Figura 4). Se encontró diferencia en los porcentajes de cobertura de vegetación herbácea ($t_{(22)}$, $p= 0,0002$) así como también en los de suelo desnudo ($t_{(22)}$, $p= 0,0021$) entre los sitios. Hubo diferencias en la cobertura de gramíneas perennes muertas entre sitios ($t_{(22)}$, $p= 0,0029$), mientras que en la cobertura de dicotiledóneas y gramíneas perennes vivas no se encontraron diferencias significativas (W , $p= 0,3033$ y $t_{(22)}$, $p= 0,4295$ respectivamente). Los valores se presentan en la Tabla 1.

Cobertura (%)	$\bar{X} \pm EE$ PN	$\bar{X} \pm EE$ Campo
Gramíneas perennes muertas	$42,93 \pm 2,54^*$	$25,94 \pm 4,39^*$
Gramíneas perennes vivas	$38,83 \pm 4,85$	$45,83 \pm 7,22$
Dicotiledóneas	$18,24 \pm 6,69$	$25,45 \pm 6,36$

Tabla 1: Valores de cobertura ($\bar{X} \pm EE$) de gramíneas perennes (muertas y vivas) y dicotiledóneas en los sitios de estudio. (*) Indica diferencias significativas.

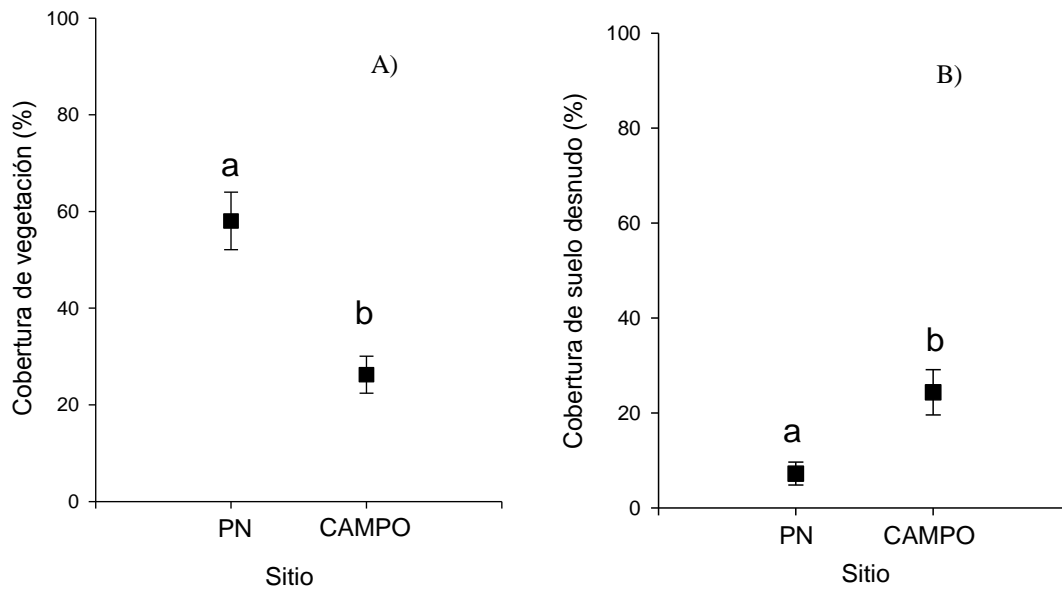


Figura 4: Cobertura ($\bar{X} \pm EE$) en los sitios de estudio. A) Vegetación herbácea (PN 58,04 ± 5,96; Campo 26,25 ± 3,82) y B) Suelo desnudo (PN 7,22 ± 2,42; Campo 24,36 ± 4,76). Letras distintas indican diferencias significativas entre sitios.

Los sitios presentaron diferencia en la altura de vegetación herbácea entre sitios (W, $p=0,0046$) (Figura 5).

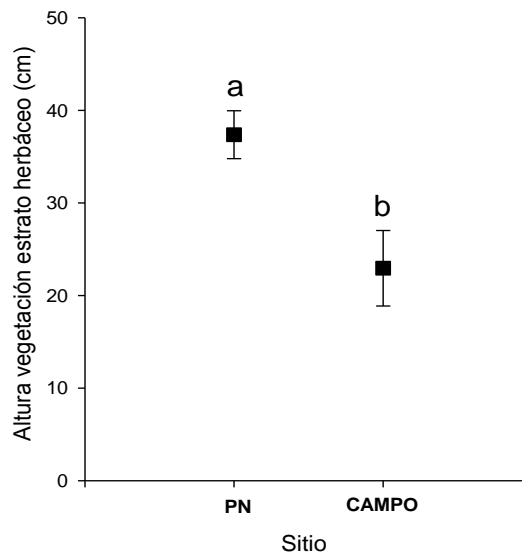


Figura 5: Altura ($\bar{X} \pm EE$) de la vegetación herbácea en los sitios de estudio (PN 37,36 ± 2,58; Campo 22,95 ± 4,08). Letras distintas indican diferencias significativas entre sitios.

Combustible en la superficie del suelo

Se obtuvo un promedio de $3,19 \pm 0,44$ tn/ha de peso seco de broza en la superficie del suelo con una cobertura media de $50,97 \pm 4,37$ % en el sitio PN. En tanto, en el sitio Campo el peso seco de broza fue $2,43 \pm 0,47$ tn/ha y la cobertura $54,25 \pm 4,41$ %. No se encontraron diferencias significativas en el peso seco ni en la cobertura de broza entre los sitios ($t_{(22)}$, $p= 0,2475$ y $t_{(22)}$, $p= 0,6029$ respectivamente).

Combustible en el estrato arbustivo

La especie de mayor densidad en el sitio PN fue *Larrea divaricata* ($1844,94 \pm 302,19$ ind/ha) siendo además la especie cuyos individuos alcanzan mayor altura ($1,32 \pm 0,11$ m) (Figura 6 A y 7 A respectivamente). La cobertura de arbustos fue $32,73 \pm 2,97$ %.

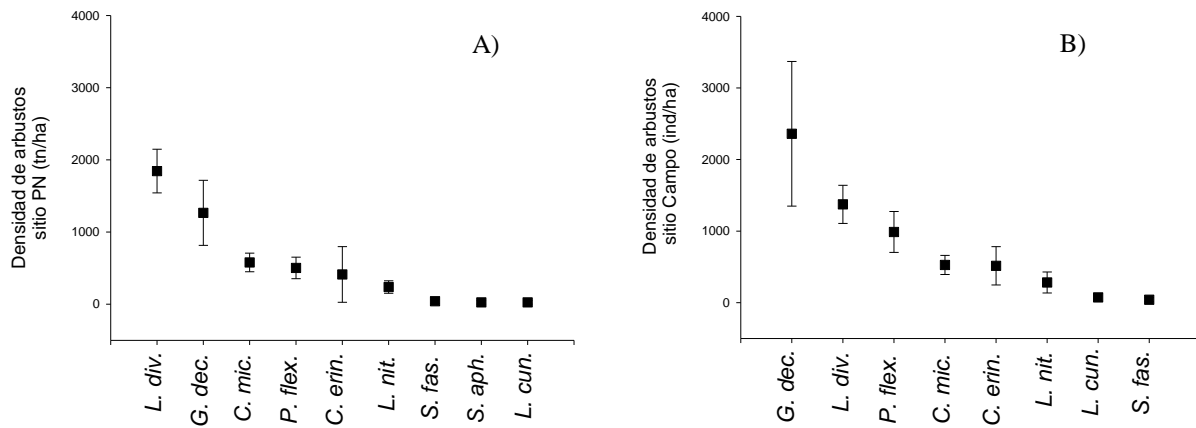


Figura 6. Densidad ($\bar{X} \pm EE$) de los arbustos presentes en los sitios de estudio. A) Sitio PN y B) Sitio Campo. Las abreviaturas de los nombre de arbustos están detalladas en la sección área de estudio.

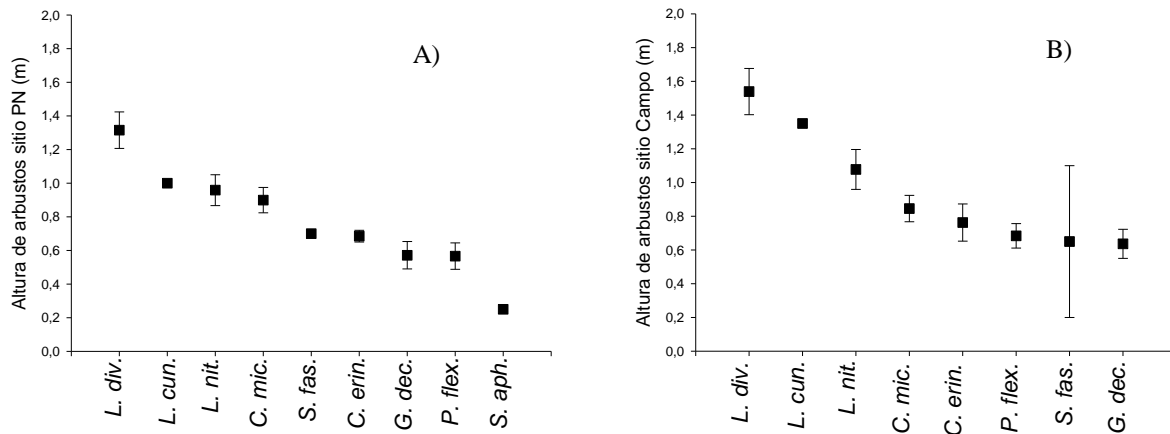


Figura 7. Altura ($\bar{X} \pm EE$) de los arbustos presentes en los sitios de estudio. A) Sitio PN y B) Sitio Campo. Las abreviaturas de los nombre de arbustos están detalladas en la sección área de estudio.

Los arbustos de mayor densidad en el sitio Campo fueron *Geoffrea decorticans* ($2359,78 \pm 1010,07$ ind/ha), *Larrea divaricata* ($1372,94 \pm 266,42$ ind/ha) y *Prosopis flexuosa* var. *depressa* ($987,58 \pm 286,15$ ind/ha) (Figura 7 B). La especie cuyos individuos alcanzaron la mayor altura es *Larrea divaricata* ($1,53 \pm 0,06$ m) (Figura 6 B). La cobertura de arbustos fue de $46,5 \pm 7,3$ %.

No se encontraron diferencias estadísticas en la altura de *L. divaricata* entre sitios ($t_{(22)}$, $p= 0,17$).

En cuanto a la biomasa total de arbustos, hubo diferencia estadística entre los sitios ($t_{(22)}$, $p= 0,0485$), encontrándose mayor cantidad en el sitio Campo (Figura 8).

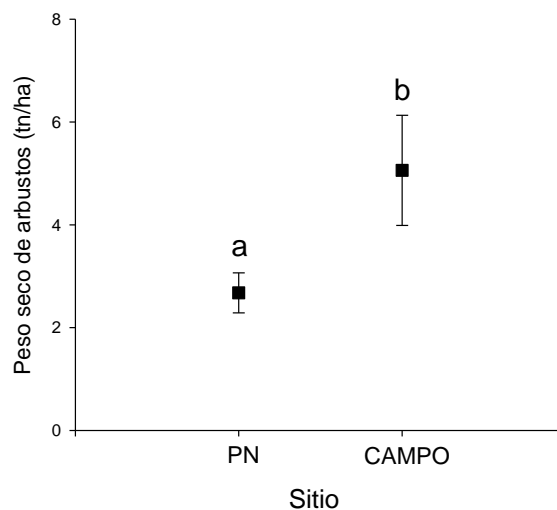


Figura 8: Carga de combustible ($\bar{X} \pm EE$) presente en el estrato arbustivo en los sitios de estudio (PN $2,68 \pm 0,57$; Campo $5,06 \pm 1,07$). Letras distintas indican diferencias significativas entre sitios.

Determinación del modelo de combustible

La distribución de la carga de combustible en ambos sitios es distinta. De acuerdo a los datos presentados anteriormente, el sitio PN presenta mayor continuidad, altura y masa combustible en el estrato herbáceo (combustible fino) que el sitio Campo. No obstante, en ambos sitios los estratos arbustivo y herbáceo son importantes en cuanto a la carga y continuidad del combustible que presentan. De acuerdo a la serie producida por Scott y Burgan (2005), el tipo de combustible Pastizal-arbustal posee una mezcla de pastizal y

arbustos (con una cobertura arbustiva menor al 50%) y ambos estratos son importantes en la determinación del comportamiento de un incendio.

De acuerdo a la humedad de extinción (alrededor del 15% dado que el área de estudio posee un clima árido), se presentan dos modelos de combustible posibles:

Pastizal-arbustal 1: arbustos de 30 cm de altura aproximadamente, con baja carga de pastizal. Un fuego tendría una velocidad de dispersión moderada (hasta 1000 m/h) y altura de llama baja (1,50 m).

Pastizal-arbustal 2: arbustos de alrededor de un metro de altura, con moderada carga del pastizal. Un fuego tendría una velocidad de dispersión alta (hasta 3000 m/h) y altura de llama moderada (hasta 3 m).

Discusión

La carga de combustible del estrato herbáceo en el Parque Nacional Lihue Calel fue el triple de la observada en el campo vecino, de esta manera la exclusión del pastoreo habría contribuido significativamente a la acumulación de combustible del estrato herbáceo en el área protegida. Trabajos anteriores en otras regiones del mundo han citado el mismo efecto. Weber (2004) en un trabajo desarrollado en Idaho (noroeste de EEUU) encontró que el pastoreo tiene un efecto más importante que el fuego sobre las cargas de combustible. Según el mismo autor, el pastoreo podría utilizarse para el control de cargas de combustible cuando éstas son muy altas dado que en estos casos el fuego sería muy intenso pudiendo tener efectos negativos sobre el suelo. De acuerdo a un estudio realizado por Blackmore (2000) en bosques secos de Hawai el pastoreo vacuno generó una fuerte reducción de la masa del estrato herbáceo, aún en condiciones de fuertes vientos y sequías los sitios pastoreados tendrían menor altura de llama y velocidad de dispersión de los fuegos que se produzcan. Lo mismo podría esperarse en un fuego producido en el sitio Campo dado que la menor masa en el estrato herbáceo disminuiría la intensidad.

La diferencia hallada en la carga de combustible del estrato herbáceo entre sitios está dada por las gramíneas perennes, sin observarse diferencias en el peso de las dicotiledóneas. En ambos sitios las gramíneas perennes constituyeron, por lejos, el grupo de mayor importancia en el combustible del estrato herbáceo. Esto es de esperarse en

ambientes de monte pampeano, ya que en los mismos las gramíneas perennes son comunes y las dicotiledóneas herbáceas por lo general tienen una escasa representación en cuanto a cobertura o biomasa (Cano, 1980). La similar carga de dicotiledóneas herbáceas en ambos sitios indicaría que el pastoreo no tuvo influencia en este grupo. Este resultado contrasta con lo hallado por Sawadogo (2004) en un trabajo realizado en la sabana africana (Burkina Faso) quien observó que el pastoreo redujo significativamente la biomasa tanto de dicotiledóneas herbáceas como de gramíneas perennes. Estos grupos presentan diferente contenido de humedad, el balance entre ambos es de importancia para la predicción del comportamiento del fuego. Las dicotiledóneas herbáceas presentan mayor contenido de humedad y se queman con mayor lentitud que las gramíneas.

La exclusión de pastoreo además tuvo incidencia en la estructura horizontal y vertical del estrato herbáceo. Se encontró menor cobertura de vegetación herbácea y por consiguiente mayor exposición de suelo desnudo en el campo pastoreado. La disminución de la cobertura de vegetación debido al pastoreo ha sido citada en trabajos previos (Harrington, 2009; Nader, 2007). También la exclusión del pastoreo podría ser la responsable de la mayor cobertura de gramíneas muertas en pie en el sitio PN. Las gramíneas poseen meristemas basales que le permiten crecer luego del pastoreo (Rost, 1998) generando nuevos tejidos. Por lo tanto si éstas no son pastoreadas es de esperarse que posean mayor cantidad de tejido en estado muerto. Ambos factores -mayor continuidad en el estrato herbáceo y mayor cobertura de gramíneas muertas en pie- resultan en una mayor velocidad en la dispersión de un incendio y por lo tanto aumentan la dificultad en el control del mismo en dicho sitio. El contenido de humedad en las gramíneas muertas fluctúa con mayor amplitud que en las vivas y responde con más rapidez a las variaciones de humedad de la atmósfera (Ruiz González, 2007) y como resultado el comportamiento de un fuego puede ser diferente entre ambos sitios de acuerdo a las condiciones ambientales.

Por su parte, la altura del pastizal difirió entre sitios aunque ligeramente y no incidiría de manera importante sobre el comportamiento del fuego en ambos sitios estudiados. En general los pastizales presentes en áreas de monte poseen una altura media de 25 cm (Cano, 1980) similares a las observadas en este estudio.

La broza constituyó gran parte de la carga total de combustible presente en ambos sitios y su cobertura y peso fueron similares. Este resultado contrasta con lo esperado dado

que el sitio PN presenta mayor cobertura de gramíneas perennes muertas, las cuales constituyen el aporte mayoritario a la broza en este ambiente. Es posible que en un lapso de tiempo mayor sin pastoreo, la broza adquiriera una mayor magnitud en el sitio PN por el aporte de las gramíneas muertas. Zimmerman (1983) realizó un estudio en ambientes de bosque en el cual encontró menor cobertura de broza pero además mayor cobertura arbórea en un sitio pastoreado. La broza contribuye de manera importante a la dispersión y temperatura del fuego en el terreno.

La biomasa de arbustos fue mayor en el sitio Campo. En contraste, Harrington (2009) informa que el ganado consume y disminuye la densidad de muchos de los arbustos presentes en bosques y praderas del suroeste de EEUU. La mayoría de los arbustos presentes en este estudio, en particular los más abundantes en ambos sitios (*L. divaricata* y *G. decorticans*), no son forrajeros por lo que no se espera que el ramoneo pueda generar diferencias entre sitios. Skarpe (1990), en un estudio de dinámica de arbustos en la sabana africana, encontró que la densidad, cobertura y masa de arbustos en áreas con pastoreo intenso fue mayor respecto a las áreas con escaso o nulo pastoreo al cabo de 5 años. Este autor atribuye la diferencia a la mayor disponibilidad de agua para los arbustos por la disminución del estrato herbáceo producida por el pastoreo. Este fenómeno también se observó en la región patagónica argentina en la que el pastoreo por ovinos, efectuado desde principio de siglo XX hasta 1980, causó una disminución en la biomasa de gramíneas forrajeras más palatables y un aumento relativo de la biomasa de arbustos no palatables (Defossé, 2003). Es difícil que las diferencias encontradas en este estudio entre sitios puedan deberse al pastoreo vacuno ya que éste fue excluido del sitio PN sólo 8 meses antes de la realización del trabajo de campo, un plazo insuficiente para que los arbustos exhiban respuestas significativas. Las historias de fuego en ambos sitios también son similares por lo que las diferencias podrían deberse a factores edáficos.

De acuerdo a las características de la vegetación en mi área de estudio, el combustible, según la serie producida por Scott y Burgan (2005), corresponde a los de tipo Pastizal-Arbustal, en los que los estratos importantes en la dispersión del fuego son el herbáceo y arbustivo. Los sitios estudiados resultaron distintos a aquellos que se presentan en los modelos de combustible presentados por Scott y Burgan (2005) para Estados Unidos, lo cual dificultó encontrar un único modelo asimilable. De todos modos, se asemejarían al

modelo GS1 (Pastizal-arbustal de clima seco y baja carga) cuyas predicciones en el comportamiento del fuego varían de acuerdo a la humedad del ambiente en el momento de producido el mismo. La diferencia que poseen los sitios de este estudio en relación al modelo GS1 de Scott y Burgan (2005) es la altura del arbustal (siendo más alto en los sitios estudiados, por lo que la altura de llama sería mayor a la predicción del modelo). También se lo podría asimilar al modelo GS2 (Pastizal-arbustal de clima seco y carga moderada), el cual presenta mayor altura de arbustos por lo que sería mejor predictor de la altura de llama. En base a estos modelos, un fuego en el área podría alcanzar una altura de llama de unos 3 m y una velocidad de dispersión –según la intensidad del viento- de hasta 3000 m/h, siendo algo inferior en el sitio campo por tener este menor carga de combustible fino.

Bibliografía

Alfonso, G.; A. Prina; J. Martinez; C. Cascón. 2001. Excursión al Parque Nacional Lihue Calel. Publicación para la 38 Jornada Argentina de Botánica. SAB. UNLPam. 20 págs.

Anderson, H. E. 1982. Aids to determining fuel models for estimating fire behavior. Gen. Tech. Rep. INT-122. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 22 págs.

Arroyo, L. A.; C. Pascual; J. Manzano. 2008. Fire models and methods to map fuel types: The role of remote sensing. *Forest Ecology and Management* 258: 1239-1252.

Bond, W.J.; J. E. Keely. 2005. Fire as global 'herbivore': the ecology and evolution of flammable ecosystems. *Trends in Ecology and Evolution* 20:387-394.

Bowman, D.M.; J.K. Balch; P. Artaxo; W.J. Bond; et al.. 2009. Fire in the Earth system. *Science* 324: 481-484.

Blackmore, M.; P. Vitousek. 2000. Cattle grazing, forest loss and fuel loading in a dry forest ecosystem at Pu'u Wa'a Wa'a Ranch, Hawaii. *Biotrópica* 32: 625-632

Cabrera, A. I; E. Willink. 1980. Biogeografía de América Latina. OEA. Serie Biología. Monografía N° 13.

Cano E.. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. UNLPam, Gobierno de la provincia de La Pampa e INTA. Buenos Aires.

Chaffey, C. J.; C.D. Grant. 1999. Fire management implications of fuel loads and vegetation structure in rehabilitated sand mines near Newcastle, Australia. *Forest Ecology and Management* 129: 269-278.

Deffosé, G.; C. Rostagno; H. Del Valle; M. Dentoni. 2003. El fuego en la porción austral de la región del monte. En Kunst, C.; S. Bravo; J. Panigatti. 2003. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA, Santiago del Estero, Argentina. 330 págs.

Fynn, R.W. S.; T. G. O'Connor. 2000. Effects of stocking rates and rainfall on rangeland dynamics and cattle performance in a semiarid savanna, South Africa. *Journal of Applied Ecology* 37: 491-507.

Gavin, D.G.; D. Hallett ; F. Sheng Fu ; K.P. Lertzman; et al. 2007. Forest fire and climate change in Western North America: insights from sediment charcoal records. *Frontiers in Ecology and Environment* 5: 499-506

Harrington, J.; E. Kathol. 2009. Responses of shrub midstory and herbaceous layers to managed grazing and fire in a North American savanna (Oak Woodland) and prairie landscape. *Restoration Ecology* 17:234-244.

Hierro, J.L.; L. Branch.; D. Villarreal; K. L. Clark. 2000. Predictive equations for biomass and fuel characteristics of Argentine shrubs. *Journal of Range Management* 53: 617-621.

Hutchinson, C. F.. 1996. The Sahelian desertification debate: a view from the American South-West. *Journal of Arid Environments* 33: 519-524.

InfoStat (2009). InfoStat, versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina

Iniguez , J.M. ; T. W. Sweetnam; S.R. Yool. 2008. Topography affected landscape fire history patterns in southern Arizona, USA. *Forest Ecology and Management* 256: 295-303.

Keeley, J. E.. 2005. Fire as a threat to biodiversity in fire-type shrublands. USDA Forest Service Report. PSW-GTR-195. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 10 págs.

Keane, R.E.; S.A. Mincemoyer; K.M. Schmidt; D.G. Long; J.L. Graner. 2000. Mapping vegetation and fuels for fire management on the Gila National Forest Complex, New Mexico. USDA Forest Service Report. RMRS-GTR-46-CD. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 126 págs.

Knapp, E.E.; J.E. Keeley; E.A. Ballenger; T.A. Brennan. 2005. Fuel reduction and coarse woody debris dynamics with early season prescribed fire in a Sierra Nevada mixed conifer forest. *Forest Ecology and Management* 208: 383-397.

Kunst, C.; N. Rodriguez. 2003. Comportamiento del fuego, una introducción. En Kunst, C.; S. Bravo; J. Panigatti. 2003. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA, Santiago del Estero, Argentina. 330 págs.

Nader, G.; Z. Henking; E. Smith, R. Ingram, N. Narvaez. 2007. Planned herbivory in the management of wildfire fuels. *Rangelands* 29: 18-24.

Pausas, J.G.; J.E. Keeley. 2009. A burning story: the role of fire in the history of life. *BioScience* 59: 593-601.

Rodriguez, N.; M. Muñoz. 2003. Cuantificación del material combustible. En Kunst, C.; S. Bravo; J. Panigatti. 2003. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA, Santiago del Estero, Argentina.

Rost, T.; M. Barbour; R. Stocking, T. Murphy. 1998. *Plant Biology*. Wadsworth Publishing Company. 66 págs.

Rothermel, R.C. 1972. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels. Research Paper INT 115. Ogden, UT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station. 40 págs.

Ruiz González, A; J. Vega Hidalgo. 2007. Modelos de predicción de la humedad de los combustibles muertos: fundamentos y aplicación. Monografías INIA Serie Forestal N° 15. 207 págs.

Salguero, J.; S. Rusak. 2003. Los fuegos en los Parques Nacionales: de la exclusión al manejo. En Kunst, C.; S. Bravo; J. Panigatti. 2003. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ediciones INTA, Santiago del Estero, Argentina. 330 págs.

Sawadogo, L.; D. Tiveau; R. Nygard. 2005. Influence of selective tree cutting, livestock and prescribed fire on herbaceous biomass in the savannah woodlands of Burkina Faso, West Africa. *Agriculture Ecosystems and Environment* 105: 335-345.

Scott, J.H.; R.E. Burgan. 2005. Standard fire behaviour fuel models: A comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. USDA Forest Service Report. RMRS-GTR-153. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 73 págs.

Skarpe, C. 1990. Shrub layer dynamics under different herbivore densities in an arid savanna, Botswana. *Journal of Applied Ecology* 27: 873-885.

Van Wagendonk, W. 2006. Chapter 3: Fire as a physical process. *Fire in California's Ecosystems*. California Press, Berkeley. 38-57.

Weber, K.; J. McMahan; P. Russell. 2004. Effect of livestock grazing and fire history on fuel load in sagebrush-steppe rangelands. *Intermountain Journal of Science* 10: 62-69.

Westoby, M.; B. Walker ; I., Noymer. 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range management* 42: 266-334.

Zabalza, M.; J. Barreix; E. Cano. 1989. Relevamiento fitosociológico del Parque Nacional Lihue Calel, La Pampa, Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía (UNLPam)* 4: 69-94.

Zar, J. 2003. *Biostatistical Analysis*. Pearson Education, Inc.

Zimmerman, T.; L. Newenschawander. 1983. Fuel load reductions resulting from prescribed burning in grazed and ungrazed douglas fir stand. *Journal of Range Management* 36: 346-350.