

Informe final de práctica profesional para la obtención de título de grado de la Licenciatura en Protección y Saneamiento Ambiental



Regeneración Post incendio: un vistazo a la vegetación del NE de Chubut

PROFESORA ASESORA

Dra. Cynthia González

INSTRUCTORA

Mg. María Valeria Pecile

ALUMNA

Sallago Donna Micaela



INDICE

.....	1
RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN	4
OBJETIVOS	6
METODOLOGIA	¡Error! Marcador no definido.
RESULTADOS.....	15
1. Vegetación aérea.....	15
1.1. Estructura y composición de la vegetación aérea	15
1.2. Composición taxonómica y status biológico	18
1.3. Estructura funcional de la comunidad	20
1.4. Grupos funcionales (herbáceas y pastos perennes, herbáceas anuales, leñosas perennes)	22
2. Banco de Semillas Germinable	25
2.1. Banco de semillas total	25
2.2. Efectos de temporada, condición y micrositio.....	26
2.3. Composición del banco de semillas	28
2.4. Relación entre el Banco de Semillas y la Vegetación Aérea	29
DISCUSIÓN	31
CONCLUSIONES.....	36
BIBLIOGRAFIA	37
ANEXOS.....	40
Anexo 1 – Descripción florística por sitio de muestreo	40
Anexo 2 – Tablas con valores obtenidos del análisis de la vegetación aérea por sitio y tratamiento	46
Anexo 3 – Tablas de densidad de plántulas promedio estimada en los sitios de muestreo en función del tratamiento, la temporada y el micrositio.	48



RESUMEN

El presente informe describe el desarrollo de la Práctica Profesional desde sus aspectos metodológicos y conceptuales hasta el análisis cualitativo y cuantitativo de los datos de campo. El estudio fue llevado a cabo en tres establecimientos rurales al noreste de Chubut, dentro del área ecológica del Monte Austral de la Patagonia Argentina. Los sitios seleccionados fueron afectados por el incendio producido en diciembre del año 2022, el cual abarcó un total de 80.000 ha. El objetivo de la propuesta fue evaluar el efecto del fuego sobre la regeneración natural del pastizal mediante el análisis de la estructura y funcionalidad de la vegetación aérea, vinculándola con la dinámica del banco de semillas germinable del suelo. Para ello, se consideró la heterogeneidad espacial entre micrositios (parche e interparche) y la variación temporal del banco (otoño y primavera). El primer muestreo se realizó en mayo, luego de la dispersión de semillas, correspondiendo al banco activo (semillas con persistencia en el suelo menor a un año); el segundo se efectuó en septiembre, representando al banco de semillas persistente (aquellas que permanecen más de un año en el suelo luego de las pérdidas por germinación o eventual depredación).

Para tal fin, se empleó un diseño experimental apareado que incluyó áreas testigo (no incendiadas) y áreas afectadas por el fuego dentro de cada uno de los tres establecimientos. Se realizaron muestreos de vegetación mediante transectas, junto con ensayos de germinación en condiciones controladas de laboratorio. Los resultados evidenciaron una disminución de la cobertura vegetal viva, la riqueza específica y la diversidad en las áreas afectadas por el fuego, junto con un incremento del suelo desnudo y de la dominancia de especies herbáceas perennes. A nivel funcional, se observó una reducción significativa de las especies leñosas y una simplificación de la estructura de la comunidad vegetal. Por su parte, el banco de semillas germinable presentó una menor densidad en las áreas quemadas respecto de los sitios testigo, con una fuerte concentración en los parches de vegetación y una disminución significativa en primavera. La composición del banco estuvo dominada por hierbas y pastos perennes, con nula representación de especies arbustivas. En conjunto, los resultados indican que, si bien el banco de semillas contribuye a la recuperación de la cobertura post-fuego, su capacidad para restituir completamente la estructura original de la vegetación es limitada, particularmente en lo que respecta al componente leñoso. Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar tanto la dinámica del banco de semillas como la estructura espacial de la vegetación en la evaluación de los procesos de regeneración en ecosistemas áridos.

Palabras clave: Monte Austral, Banco de Semillas, Regeneración post fuego.



INTRODUCCIÓN

En los ecosistemas de pastizales, tres tipos de disturbios modelan la estructura y el funcionamiento: la herbívora, el fuego y las fluctuaciones climáticas marcadas (Leder et al., 2017). La herbívora, regula la cantidad de biomasa extraída y el pisoteo, en función del crecimiento de forraje anual, estrechamente relacionado con la disponibilidad hídrica. El fuego, controla la biomasa removida, la volatilización de nutrientes y la deposición de cenizas, de acuerdo a la cantidad de materiales combustibles acumulados. Finalmente, las variaciones interanuales del clima y las tendencias a gran escala, influyen directamente en la disponibilidad de agua, que es una de las principales fuerzas de conducción de la estructura y función de estos ambientes (Oosterheld et al., 1999)

Luego de un disturbio, las poblaciones vegetales se regeneran a partir de sus estructuras vegetativas y a través de su banco de semillas (López et al., 2019). El banco se concentra en los primeros centímetros del suelo (Bertiller & Aloia, 1997; Bertiller et al., 2004; Puido & Cavero, 2005) y está compuesto por semillas potencialmente capaces de germinar producidas por la comunidad local como también provenientes de áreas vecinas (Ernst & Morici, 2013). Las semillas pueden germinar inmediatamente después de la dispersión (banco de semillas transitorio) o permanecer latentes en el suelo durante varios períodos (banco de semillas persistente) (Bertiller & Aloia, 1997).

En general, el banco está dominado por especies de sucesión temprana, caracterizadas por producir numerosas semillas pequeñas, compactas y no ornamentadas, lo que facilita su enterramiento (Thompson, 1987). Este conjunto dinámico se encuentra en permanente flujo, con aportes y pérdidas continuas (Puido & Cavero, 2005) generando plántulas de manera continua por prolongados años, debido a los diferentes períodos de dormición de sus semillas (Khurana & Singh, 2001; Marañón, 2001).

Entre los factores que determinan la densidad de semillas, la composición taxonómica y funcional y la riqueza de especies se encuentran el grado y tipo de perturbación del suelo, el uso de éste en áreas adyacentes, el estado de desarrollo de la comunidad vegetal, la presencia de agentes dispersores y las estaciones del año (Dalling, 2002).

En zonas áridas y semiáridas de la Patagonia, las condiciones para la emergencia y reclutamiento de plántulas varían entre los parches vegetados y los interparches de suelo desnudo (Bisigato & Bertiller, 2004a). La distribución espacial del banco de semillas y la disponibilidad de agua son los factores limitantes más relevantes para el reclutamiento y crecimiento vegetativo de las especies perennes (Olivia et al. 2001; Bisigato & Bertiller, 2004b). El reclutamiento suele ser mayor cerca de los parches



vegetados, mientras que, en los interparches, a pesar de haber menor competencia, el estrés hídrico y la exposición a la erosión hídrica y eólica y al pisoteo de animales dificultan el establecimiento de nuevas plántulas (Aguiar & Sala, 1999; Bisigato & Bertiller, 2004b; Bertiller et al., 2009). En los parches, las interacciones entre plántulas y plantas adultas están moduladas por un equilibrio de competencia y facilitación de los recursos (Aguiar & Sala 1997, 1999)

En regiones secas como el Noreste de Chubut, donde la productividad está relacionada con la precipitación, el fuego puede provocar pérdida de cobertura arbustiva, la destrucción de materia orgánica superficial, la pérdida de diversidad de especies vegetales y la aceleración de los procesos erosivos (González, 2000). Sin embargo, también es utilizado como una herramienta de manejo productivo, para reducir el volumen de arbustos y estimular el vigor de las gramíneas perennes de interés forrajero, y para prevenir incendios accidentales de mayor magnitud por la acumulación de biomasa seca durante periodos estivales (Bran et al. 2007).

En los últimos 30 años, los incendios de pastizales naturales, de origen - natural o antrópico - son recurrentes en la región, viéndose afectadas unas 190.000 ha aproximadamente. Existen pocos antecedentes sobre la dinámica post-fuego de la vegetación en la región sur de la Provincia Fitogeográfica del Monte, donde la ocurrencia de sequías es frecuente y las condiciones climáticas pueden ser tan extremas, que, en algunos casos, impiden que las plantas no se recuperen adecuadamente. Esto puede amplificar los efectos del fuego producto de las condiciones climáticas y ecológicas locales.

El uso histórico y el deterioro actual de los pastizales patagónicos, resaltan la necesidad de conocer los mecanismos de regeneración de la vegetación, en especial los procesos de vía sexual, dado que las especies dominantes en estos ecosistemas áridos se reproducen únicamente por esta vía a corta y a larga distancia (Aguiar, 1998) siendo esta la principal estrategia regenerativa (Bertiller & Aloia, 1997).

Los trabajos sobre banco de semillas aportan información valiosa con respecto a la regeneración de los sistemas deteriorados y han sido pocos los estudios de banco realizados en la Patagonia. Diferentes aspectos del banco de semillas como su densidad y composición, su persistencia en el suelo producto del flujo de aportes y pérdidas, así como su similitud florística con la vegetación establecida permiten comprender mejor la dinámica de la comunidad de plantas y su respuesta frente a las perturbaciones (Márquez et al. 2002).

Por último, la identidad taxonómica y funcional de las semillas que sobreviven al fuego es de vital importancia: si las especies que se recolonizan comparten rasgos funcionales con las previamente presentes, entonces existe una mayor probabilidad de que el ecosistema recupere su funcionamiento original (Lipoma et al. 2017).



OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar el efecto del fuego sobre la regeneración de la vegetación en el NE de Chubut, analizando la estructura y composición de la vegetación aérea y la dinámica del banco de semillas germinable.

Objetivos específicos:

- Evaluar el impacto del incendio sobre la dinámica temporal, el tamaño y la estructura del banco de semillas.
- Analizar si el incendio modifica el patrón espacial del banco de semillas en los diferentes micrositios (parche e interparche).
- Evaluar la relación entre el banco de semillas germinable y la vegetación aérea presente en las áreas afectadas por el incendio y las áreas testigo.

METODOLOGÍA

Sitio de estudio

El estudio de campo se llevó a cabo en tres establecimientos rurales ubicados al Noreste de la provincia de Chubut: *Estrella del Sur (ES)*: 42°29'07" S; 65° 03'51" O; *Laguna del Medio (LM)*: 42°27' 29,5" S; 65°11'53" O, y *El Doradillo (ED)*: 42°32'53,4" S; 65°03'18,5" O. Los tres establecimientos se encuentran en la provincia fitogeográfica del Monte, dentro de la región ecológica Monte Austral caracterizada por su clima templado árido, fuertes vientos del oeste, precipitaciones anuales inferiores a los 200mm y alta amplitud térmica.

En mayo de 2024, dos años después del incendio se seleccionaron los sitios con el fin de comparar y determinar el impacto del fuego sobre la vegetación y el banco de semillas. Cada establecimiento cuenta con un área afectada por el incendio y un área testigo, no alcanzada por el fuego (Figura 1 y 2).

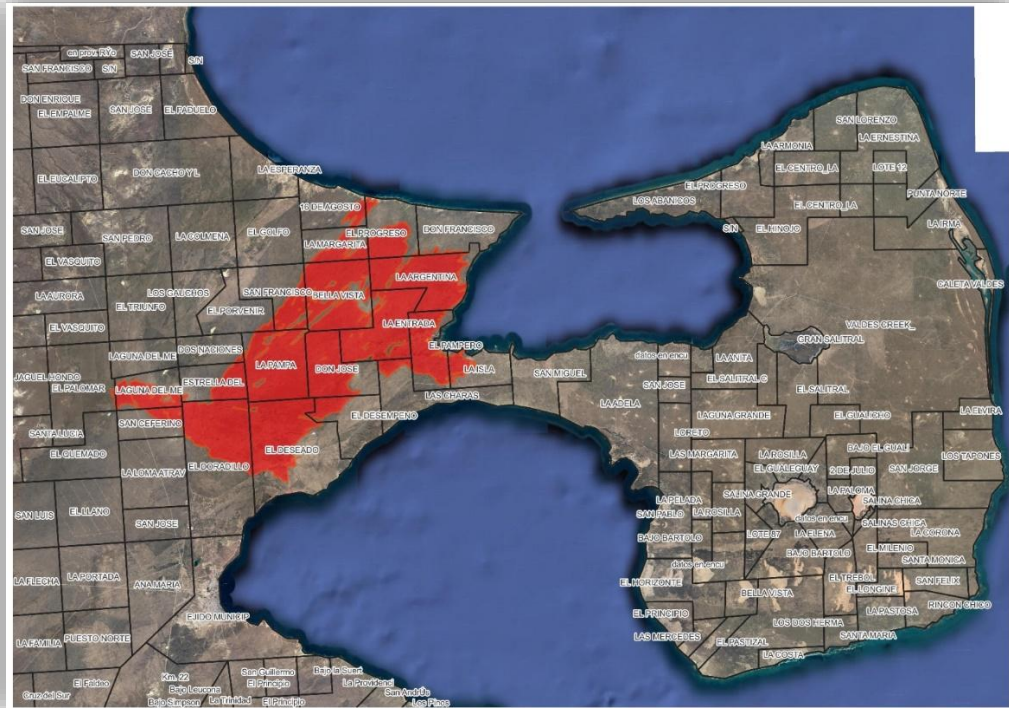


Figura 1 – Área total afectada por el incendio 2022 – Imagen brindada por Lic. Gonzalez J. INTA EEA Chubut

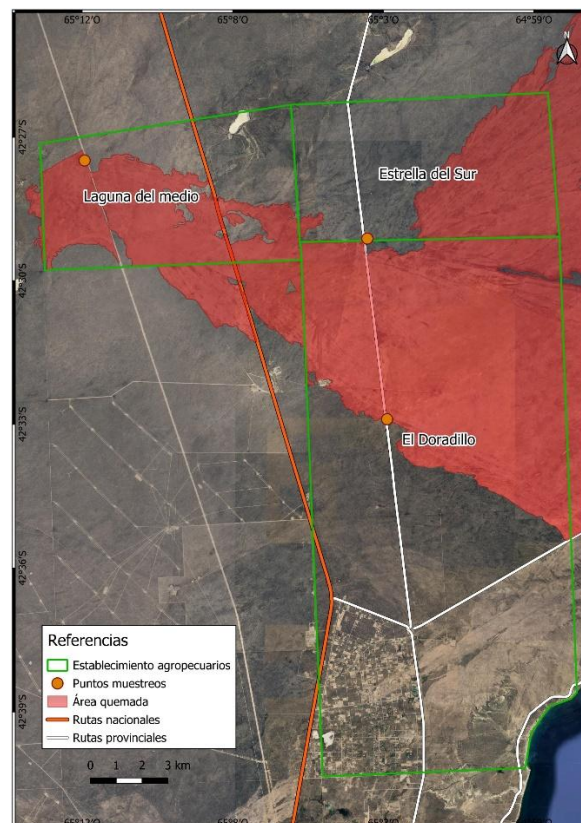


Figura 2: Detalle de ubicación geográfica de los puntos de muestreo – Imagen brindada por Lic. Gonzalez J. INTA EEA Chubut



Muestreo de vegetación aérea

En cada establecimiento se realizaron 6 transectas de vegetación distribuidas en diferentes direcciones: 3 transectas en área quemada y 3 transectas en área testigo, totalizando 18 transectas en el estudio.

Los censos florísticos se realizaron utilizando el Método Florístico Holístico (González et al. 2022) una técnica no destructiva que permite una evaluación integral de las comunidades vegetales. El punto inicial de cada transecta se ubicó al azar siguiendo una línea imaginaria determinando previamente la dirección. Cada transecta consistió en 100 puntos equidistantes (de 3 m), siendo la longitud de cada transecta de 300 m.

En cada punto se insertó una aguja graduada al nivel de suelo a la altura de la punta del zapato (Figura 3) y se registraron los contactos de la aguja con la vegetación, consignando los datos en la planilla correspondiente.



Figura 3 – Bajada de aguja y toma de dato (suelo desnudo – toque indirecto de *Troncosoa serphioides*)

Cada transecta fue considerada como unidad de muestreo. Posteriormente, se calcularon los valores promedio por tratamiento (quemado y testigo) dentro de cada establecimiento, los cuales se utilizaron para comparar parámetros.

A partir de los registros obtenidos en cada transecta se calcularon diferentes variables estructurales, composicionales y funcionales de la vegetación.

Variables estructurales:

- Suelo desnudo (SD): porcentaje de puntos donde la aguja tocó de forma directa suelo desnudo.



- Mantillo (PM): Porcentaje de puntos donde la aguja tocó de forma directa material vegetal descompuesto, hojarasca, semillas o cualquier resto vegetal incorporado al suelo.
- Cobertura vegetal viva (CVV): sumatoria de la cobertura (Co) de las especies vegetales vivas.
- Cobertura Vegetal muerta o muerto en pie (CVM): sumatoria de la cobertura (Co) de las especies vegetales muertos, sin descomponer y no incorporado al suelo.

Variables composicionales:

- Cobertura por especie (CE): suma de los puntos en que se tocó directamente una especie particular.
- Cobertura por familias botánicas: porcentaje de cobertura por especie que corresponde a las diferentes familias botánicas (Apiaceae, Fabaceae, Poaceae, Asteraceae, etc.)
- Cobertura por status biológico: porcentaje de cobertura por especie que corresponde a los distintos tipos de status en las plantas (nativas, endémicas e introducidas).

Variables funcionales:

Se calcularon coberturas relativas de acuerdo con diferentes clasificaciones ecológicas

- Formas biológicas (CFB): arbustos, hierbas, árboles, suculentas.
- Tipo biológico de Raunkiaer 1934: fanerófitas, caméfitas, hemicriptófitas, geófitas, hidrófitas, terófitas.
- Biotipo o tipo de vida: anuales, bienales, plurienales, perennes

Variables de diversidad:

Se calcularon los siguientes índices ecológicos

- Riqueza específica(S): número total de especies registradas.
- Índice de diversidad de Shannon (ID): a partir de las proporciones (p_i) de cada especie (i) en la muestra total de individuos.

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

Donde H es la medida logarítmica de la diversidad; y p_i = proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i).

- Equitatividad: corresponde al grado de regularidad con que los individuos están distribuidos entre las especies. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$E = \frac{H}{\ln S}$$

Donde H es el índice de diversidad y S el número de especies (riqueza específica).



- Dominancia (D): índice que expresa el grado en que una o pocas especies dominan la comunidad vegetal.
- Densidad específica de plantas: número de veces que aparece una planta cada 100 toques directos en una transecta de 300 m. La densidad fue posteriormente expresada como plantas por hectárea para facilitar la comparación entre sitios.

El análisis de los resultados se organizó en tres niveles:

- Análisis estructural: Se evaluaron cambios en parámetros ecológicos generales tales como cobertura vegetal, suelo desnudo y mantillo, así como variables de diversidad (riqueza específica, índice de Shannon, equitatividad y dominancia) y densidad de individuos (plantas por hectárea), comparando las condiciones testigo y quemado.
- Análisis composicional y funcional: Se analizaron cambios en la composición taxonómica (familias) y en el estatus biológico (nativas/endémicas/introductory), así como en la organización funcional de la comunidad.
- Análisis funcional de la comunidad: Las especies se agruparon en grupos funcionales de plantas a partir de la combinación de los siguientes criterios:
 - a) Forma de vida (hierba y pasto/arbusto)
 - b) Tipo de vida (anual/perenne)
 - c) Tipo biológico según la clasificación de Raunkiaer (hemicriptófitas, terófitas, nanofanerófitas, caméfitas y geófitas).

A partir de estos criterios, se definieron tres grupos funcionales principales: herbáceas y pastos perennes, herbáceas anuales y arbustos perennes. Para cada unidad de muestreo (sitio x tratamiento x transecta), se calculó el porcentaje de cobertura relativa de cada grupo funcional.

Los grupos funcionales fueron:

1. Hierbas y pastos perennes (hemicriptófitas y geófitas)
2. Hierbas anuales (terófitas)
3. Arbustos perennes (nanofanerófitas y caméfitas)

Las especies de los géneros *Parmelia* y *Verrucaria* fueron excluidas del análisis por tratarse de líquenes foliáceos, no comprendidos dentro de los grupos funcionales definidos.

Para evaluar el efecto del sitio y el tratamiento, se aplicó un análisis de varianza mixto (ANOVA mixto), considerando como factores fijos el sitio, tratamiento y el grupo funcional e incorporando la transecta como efecto aleatorio. Cuando se detectaron efectos significativos, se realizaron comparaciones post hoc mediante test de Tukey. Previamente al análisis, se verificaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas. Los análisis se realizaron en software RStudio (versión 2023.06.0+421).



Evaluación de banco de semillas germinable

Para estudiar la dinámica temporal y estructura del banco de semillas, se tomaron muestras de suelo en dos periodos: abril (posterior a la dispersión) y septiembre (previo a la dispersión). Las muestras se recolectaron diferenciando dos micrositios: parches (con vegetación) e interparches (sin vegetación) (Figura 5) tanto en áreas quemadas como en testigos.

Cada muestra estuvo compuesta de 3 submuestras de suelo superficial, tomadas con un aro de 16 cm de diámetro y 5 cm de profundidad. De cada establecimiento se obtuvieron 12 muestras: 3 parches en área testigo, 3 parches en área quemada, 3 interparche en área quemada y 3 interparche en área testigo. De este modo se obtuvieron 36 muestras por periodo de muestreo y 72 muestras en total.

Las muestras fueron rotuladas y transportadas en bolsas plásticas para su posterior procesamiento en gabinete.



Figura 5 – Toma de muestras de suelo en interparche de área quemada LM (izquierda) y en parche de vegetación en sitio testigo de LM (derecha)

Procesamiento de las muestras

En gabinete, las muestras fueron tamizadas, utilizando un tamiz de 2 mm de luz (Puido & Caveró 2005) con el fin de eliminar los restos orgánicos y piedras que pueda contener la muestra (Figura 6).



Figura 6 - Tamizado de muestras con tamiz de 2mm

Posteriormente, cada muestra fue subdividida en 3 bandejas plásticas con volumen conocido, debidamente rotuladas indicando el sitio de muestreo, condición (quemada o testigo) y micrositio (parche o de interparche) (Figura 7). Las bandejas fueron humedecidas hasta alcanzar la capacidad de campo y se colocaron en una cámara de crecimiento con fotoperiodo de 12/12 hs (luz/oscuridad) y temperaturas entre 10°C y 25°C.

En total se dispusieron 108 bandejas por periodo de muestreo en la cámara de crecimiento.



Figura 7 – Muestras en bandejas rotuladas para disposición en cámara de crecimiento

Registro de germinación

Durante un periodo de tres meses, se registró semanalmente la emergencia de las plántulas en cada bandeja. Las plántulas germinadas fueron retiradas para evitar inhibición de la germinación por competencia. Las bandejas se regaron dos veces por



semana para mantener la humedad del sustrato (Bertiller & Aloia 1997; Funes et. al. 2001; Ernst & Morici 2013) (Figura 8).



Figura 8 – Riego y conteo de plántulas germinadas



Figura 9 – Emergencia de plántula (izquierda) y extracción de plántula con semilla para identificación (derecha)

La emergencia de plántulas se utilizó como una estimación del banco de semillas viable presente en el suelo calculada mediante la relación proporcional a partir de la superficie conocida del área del aro de muestreo.

A partir de este procedimiento se analizaron las siguientes variables:

- Densidad total de plántulas emergidas, expresadas como número de plántulas por m².
- Densidad de plántulas de especies anuales
- Densidad de plántulas de gramíneas perennes
- Densidad de plántulas de arbustos



Área del aro de muestreo: Diámetro = 16 cm; Radio = 8 cm = 0,08 m

Área = $\pi \times r^2 = 3,1416 \times (0,08)^2 \approx 0,0201 \text{ m}^2$

La densidad de semillas se calculó como:

$$\text{Densidad} \left(\frac{\text{semillas}}{\text{m}^2} \right) = \frac{N^\circ \text{ de semillas germinadas}}{\text{área del aro en m}^2}$$

Identificación de especies de plántulas germinadas

La composición del banco de semillas se analizó a partir de la identificación de las plántulas emergidas. Algunas de las plántulas emergentes fueron trasplantadas a bandejas Speedling para su crecimiento y posterior identificación manteniéndose en invernadero bajo condiciones controladas de humedad (Figura 10). Debido a limitaciones en la determinación taxonómica en estados tempranos de desarrollo, los registros se agruparon en categorías funcionales amplias: Pastos perennes, Hierbas anuales y Arbustos.

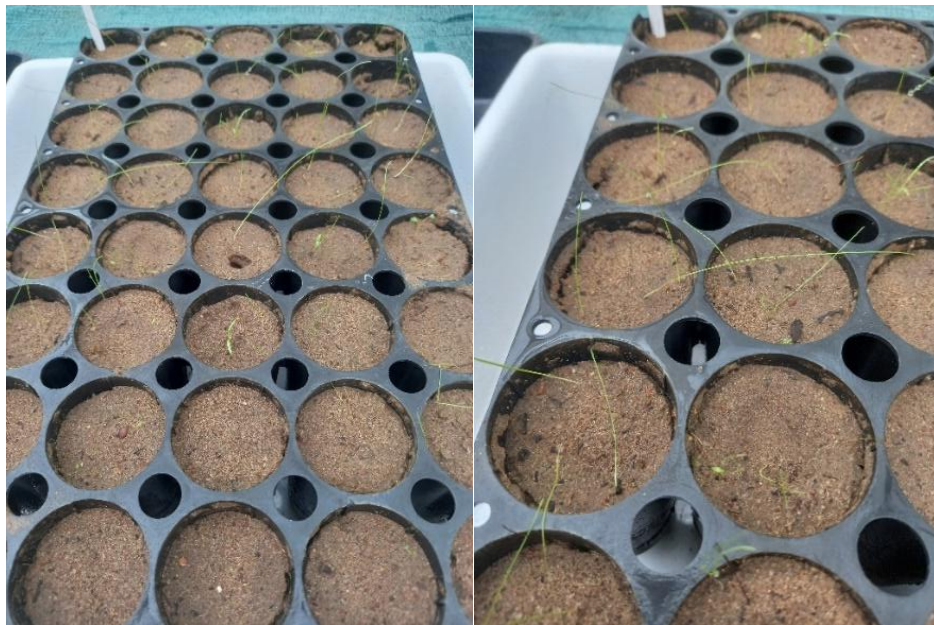


Figura 10 – Trasplante de plántulas a bandejas Speedling para identificación

Procesamiento y Análisis de datos del banco de semillas germinable

Para evaluar el impacto del incendio sobre el banco de semillas germinable, se analizó la densidad de plántulas emergidas a partir de muestras de suelo colectadas en las mismas unidades experimentales. Los datos obtenidos fueron organizados en una base de datos en Microsoft Excel, utilizando tablas dinámicas para la organización de datos y posteriormente analizados mediante el software Infostat y el programa R Studio (versión 2023.06.0+421). El diseño experimental se consideró completamente aleatorizado, donde las áreas testigo actuaron como control y las áreas quemadas como



tratamiento. Los tres establecimientos fueron considerados como unidades independientes, incorporándose como efecto aleatorio en el modelo.

Para modelar la variable densidad de semillas (N° semillas/m²) se ajustaron modelos lineales generalizados. Debido a la presencia de sobredispersión y un alto número de ceros en los datos, se seleccionó un GLMM (modelo mixto binomial negativo) con inflación de ceros, incorporando el factor establecimiento como efecto aleatorio para considerar la variabilidad entre sitios de muestreo. En el modelo se consideraron como efectos fijos el tratamiento (quemado vs. testigo), la estación del año (otoño y primavera) y el micrositio (parche e interparche).

Finalmente, con el fin de evaluar la relación entre el banco de semillas germinable y la vegetación aérea, se compararon las especies registradas en ambos compartimentos a nivel de grupos funcionales. Para ello, se consideró la proporción relativa de los principales grupos funcionales (herbáceas y pastos perennes; herbáceas anuales y arbustos) tanto en vegetación establecida como en el banco de semillas.

RESULTADOS

1. Vegetación aérea

1.1. Estructura y composición de la vegetación aérea

Parámetros estructurales generales: cobertura relativa, suelo desnudo, cobertura de vegetación muerta y mantillo.

En los tres sitios evaluados, se evidenció una reducción de la cobertura vegetal viva como consecuencia directa del fuego. En Laguna del Medio (LM) y Estrella del Sur (ES), la pérdida de cobertura fue más drástica, mientras que en El Doradillo (ED) la diferencia fue menos pronunciada, aunque presente. Como efecto asociado, se observó un incremento del porcentaje de suelo desnudo, así como de la cobertura de vegetación muerta y del mantillo (Figura 11).

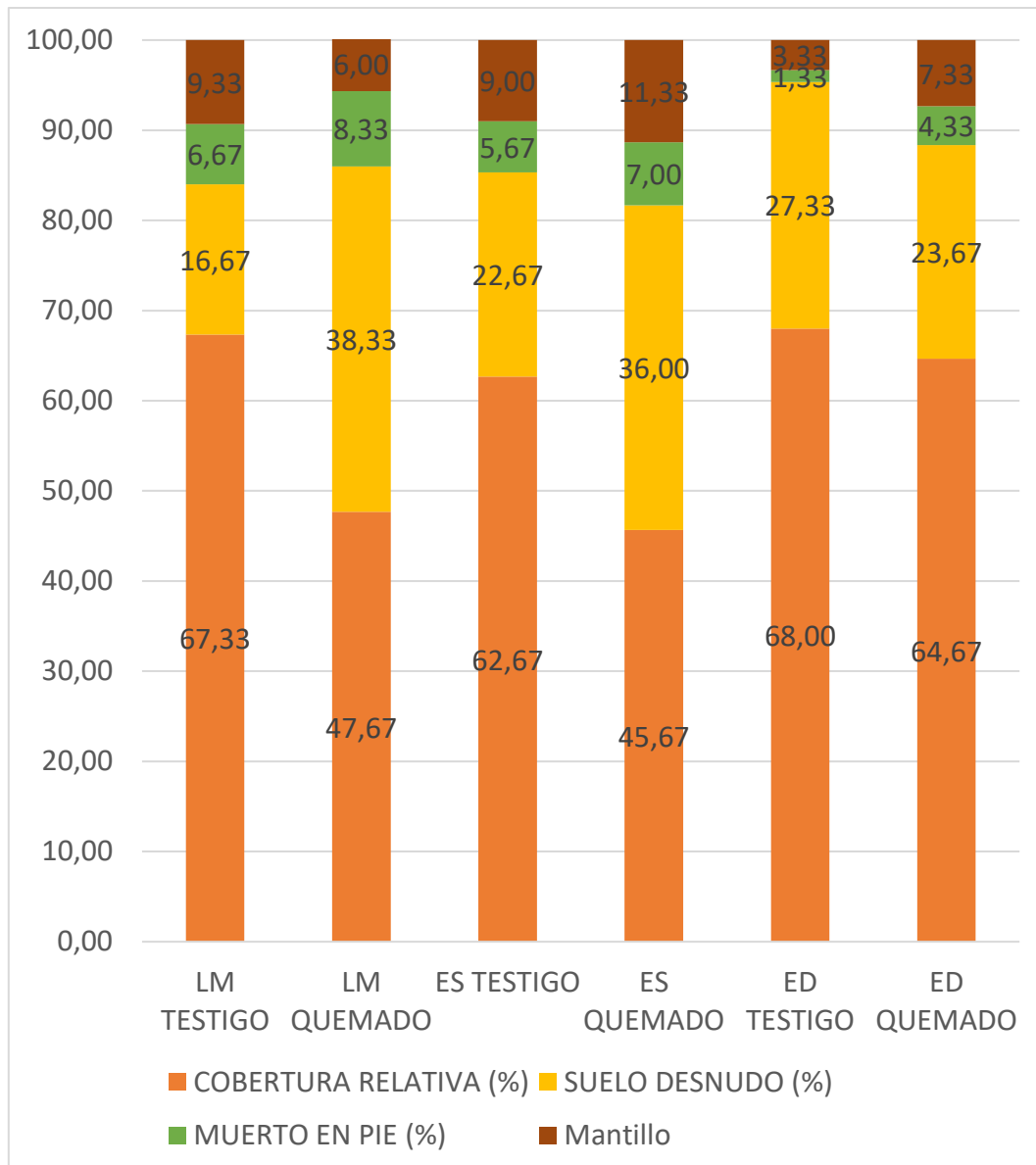


Figura 11 – Comparación de los valores promedio de los principales parámetros ecológicos de sitio testigo y quemado entre los establecimientos relevados.

Riqueza y diversidad de la vegetación

La riqueza de especies promedio tendió a ser mayor en los sitios testigo que en los quemados, excepto en El Doradillo donde se observó un leve incremento en el área quemada (Figura 12). La riqueza específica mostró un efecto significativo del tratamiento (ANOVA, $p < 0,05$), sin embargo, las comparaciones post hoc (Tukey) no detectaron diferencias significativas entre grupos.

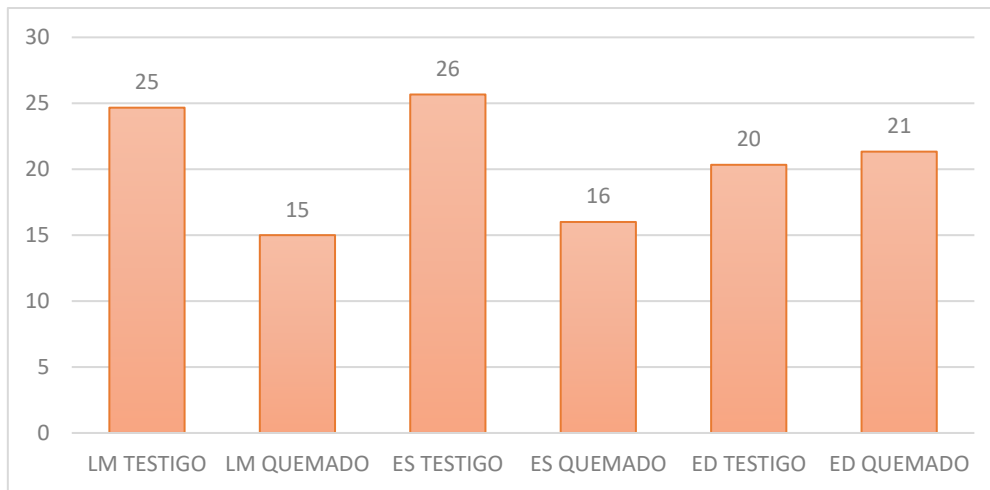


Figura 12 – Comparación de los valores promedio de Riqueza entre sitios testigo y quemado de los establecimientos relevados.

En relación con los índices de diversidad, los valores del índice de Shannon (H') y de equitatividad de Pielou fueron más altos en los sitios testigo, mientras que la dominancia de Simpson fue superior en áreas incendiadas (Figura 13).

La diversidad en Laguna del Medio presentó un valor de 1,10 en el testigo frente a 0,58 en el tratamiento quemado; El Doradillo mostró 1,21 en testigo frente a 0,82 en quemado; y Estrella del Sur 1,21 en testigo frente a 0,59 en quemado. El índice de diversidad de Shannon evidenció diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA, $p < 0,05$) y presentó valores significativamente superiores a los incendiados (Tukey, $p < 0,05$), indicando comunidades más diversas y estructuralmente más complejas (Figura 13).

La equitatividad (J') también fue mayor en los sitios no afectados. En Laguna del Medio los valores fueron 0,79 en testigo y 0,51 en quemado; en El Doradillo 0,93 en testigo y 0,62 en quemado; y en Estrella del Sur 0,88 en testigo frente a 0,51 en quemado. Se observaron diferencias significativas entre tratamientos (ANOVA, $p < 0,05$), sin efecto de sitio ni interacción. No obstante, las comparaciones post hoc indicaron diferencias significativas entre tratamientos únicamente en el sitio Estrella del Sur (Figura 13).

La dominancia (D) alcanzó valores más altos en las áreas afectadas por el incendio. En Laguna del Medio los valores fueron de 0,14 en testigo y 0,45 en quemado; en El Doradillo 0,11 y 0,25 respectivamente; y en Estrella del Sur 0,11 en testigo frente a 0,44 en quemado (Figura 13).

El índice de dominancia de Simpson presentó diferencias significativas tanto entre sitios como entre tratamientos (ANOVA, $p < 0,05$), sin interacción significativa. Las comparaciones post hoc indicaron valores significativamente menores en el tratamiento T en los sitios Estrella del Sur y Laguna del Medio, lo que refleja una menor dominancia en comparación con áreas quemadas.

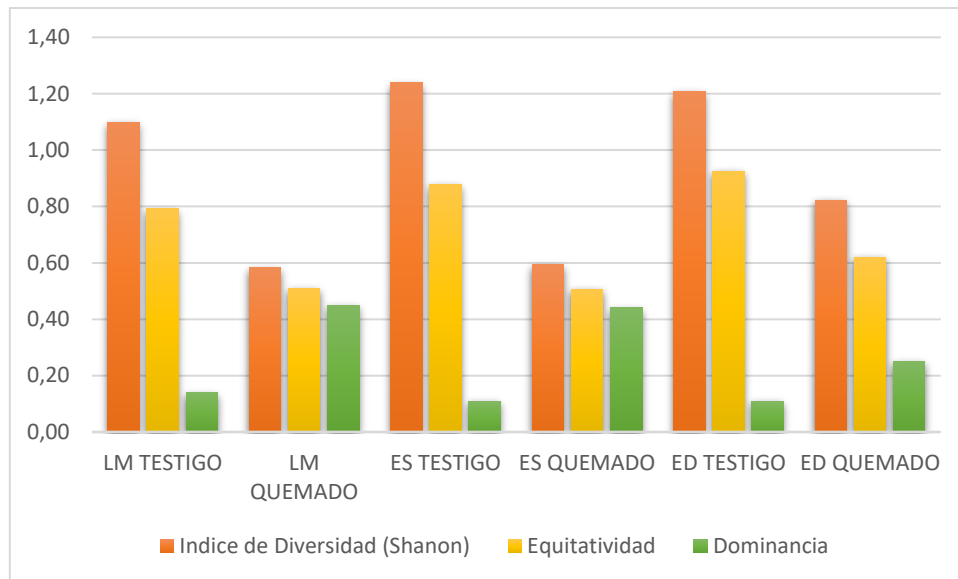


Figura 13 – Comparación del índice de diversidad (H'), la equitatividad (J') y la Dominancia (D) entre sitios testigo y quemado de los establecimientos relevados.

Plantas por hectárea

La densidad de individuos, expresada como plantas por hectárea, mostró una tendencia a valores mayores en los tratamientos testigo en comparación con los quemados en los tres sitios analizados (Figura 14). En las áreas no afectadas por el fuego, la densidad se mantuvo en torno a valores cercanos a 4000–4200 plantas/ha, mientras que en las áreas quemadas se observó una disminución, alcanzando aproximadamente 3400 plantas/ha.

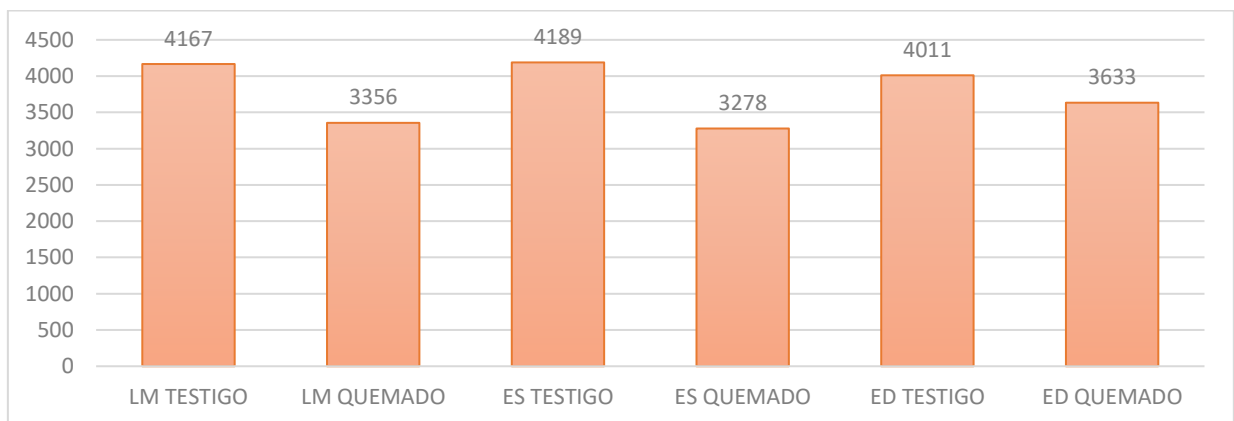


Figura 14 – Comparación de plantas/ha entre sitios testigo y quemado de los establecimientos relevados.

1.2. Composición taxonómica y status biológico

- Familias botánicas

La composición por familias evidenció un claro predominio de Poaceae en todos los sitios y tratamientos, con una tendencia al aumento de su representación en las áreas



quemadas. En contraste, varias familias asociadas a especies leñosas y herbáceas dicotiledóneas disminuyeron su cobertura relativa en las áreas afectadas por el incendio (Tabla 1). Por último, se registraron 3 familias de líquenes (*Parmeliaceae*, *Teleoschistaceae* y *Verrucariaceae*), donde las dos primeras familias solo se observaron en áreas testigos.

Tabla 1 – Composición por familias botánicas en los tres sitios analizados

FAMILIA	LM TESTIGO	LM QUEMADO	ES TESTIGO	ES QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
<i>Amarantaceae</i>	0,27	0	0	0	0	0
<i>Anacardiaceae</i>	3,49	2,64	3,52	3,04	6,83	2,74
<i>Asteraceae</i>	16,78	4,97	18,06	3,73	22,17	4,59
<i>Bryaceae</i>	1,07	0	3,24	0	1,64	0
<i>Cactaceae</i>	0,00	0	0,00	0,68	0	0
<i>Ephedraceae</i>	0,80	0,00	1,09	3,06	0,29	0,00
<i>Fabaceae</i>	2,40	5,29	3,94	0	6,18	2,14
<i>Parmeliaceae</i>	0,00	0	1,30	0	0	0
<i>Malvaceae</i>	3,20	0,0003	0	0	0	1,22
<i>Plantaginaceae</i>	0,80	1,66	0,78	1,69	0	0,30
<i>Poaceae</i>	59,65	77,81	53,16	82,80	44,72	80,72
<i>Rhamnaceae</i>	0,01	0,33	1,08	0,33	0,81	0,91
<i>Rosaceae</i>	0,00	0	1,32	0	0,27	0,30
<i>Solanaceae</i>	0,01	0,66	1,32	0	0,55	0,91
<i>Teleoschistaceae</i>	0,01	0	0	0	0	0
<i>Verbenaceae</i>	0,81	0,00	1,61	0	7,99	2,45
<i>Verrucariaceae</i>	2,40	0	0,53	0	0	0,31
<i>Zygophyllaceae</i>	8,30	6,63	9,06	4,33	8,28	2,14
<i>Calyceraceae</i>	0	0	0	0,34	0,27	0,92
<i>Polygalaceae</i>	0	0	0	0,00	0,00	0,00
<i>Lamiaceae</i>	0	0	0	0	0	0,31
TOTAL	100	100	100	100	100	100



- Estatus biológico

En los sitios quemados se observa una tendencia a la disminución de especies endémicas y se registró la aparición de la especie introducida *Marrubium vulgare* en El Doradillo (Figura 15).

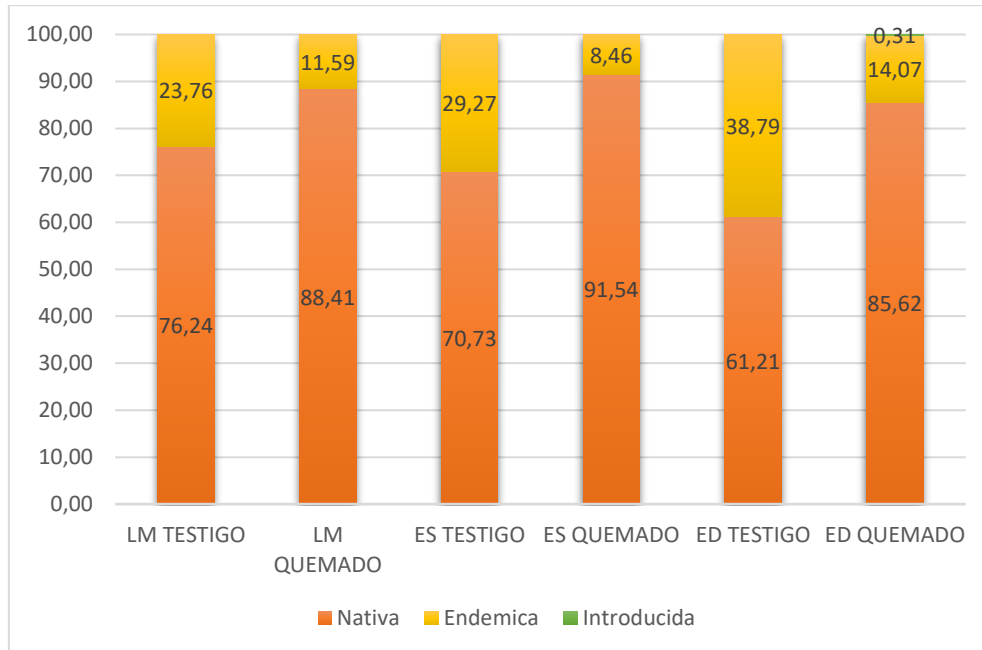


Figura 15 – Comparación de valores promedio de cobertura por status biológico de sitios testigo y quemado de los establecimientos relevados.

1.3. Estructura funcional de la comunidad

- Forma biológica (arbusto, hierba, suculenta, talofita, musgos)

En cuanto a formas biológicas, en los sitios quemados domina la presencia de la forma herbácea, de las cuales pueden ser pastos o hierbas anuales, mientras que la proporción de arbustos leñosos se redujo a menos de la mitad en sitios post fuego. La presencia de musgos o talofitas se encuentra presentes únicamente en sitios testigo, excepto en El Doradillo donde se observó 0,31 % de talofitas (Figura 16).

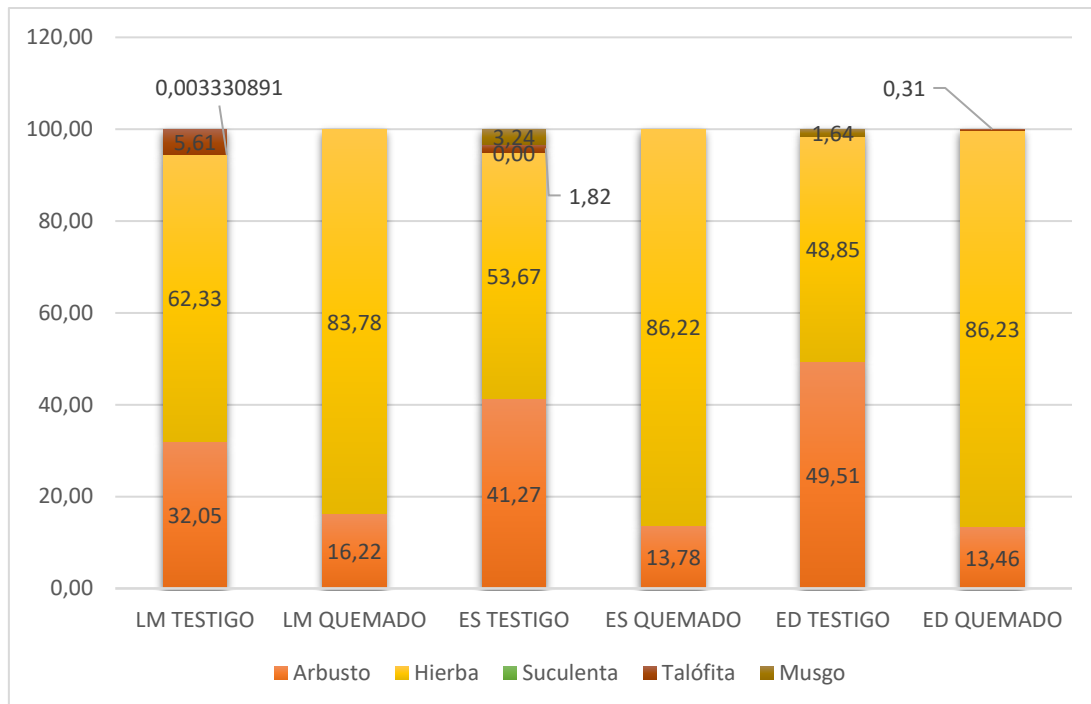


Figura 16 – Comparación de valores promedio de cobertura por forma biológica entre sitios testigo y quemado de los establecimientos relevados

- Comparación de tipo biológico según Raunkiaer

Según la clasificación de Raunkiaer se observan modificaciones de acuerdo a la estructura fisonómica de la vegetación como respuesta al incendio (Figura 17). En los tres sitios analizados, las Hemicriptófitas, grupo compuesto principalmente por gramíneas perennes que mantienen sus yemas de reemplazo al nivel del suelo, representaron el grupo mayoritario, con una tendencia al aumento tras el disturbio.

En El Doradillo, este grupo incrementó su representatividad del 47,70% en el sitio testigo al 81% en el área quemada. En Laguna del Medio y Estrella del Sur, se observaron incrementos similares, alcanzando valores del 79,47% y 81,83% respectivamente en las zonas afectadas por el fuego.

El grupo de las Nanofanerófitas que representan a las plantas leñosas (arbustos) con yemas de reemplazo a más de 25 cm de altura fue el más afectado en términos de representatividad proporcional en los tres sitios. En Laguna del Medio la proporción de este tipo biológico se redujo a la mitad, descendiendo del 30,70 % en el testigo al 15,89 % en el área quemada. En Estrella del Sur se observó una retracción similar, pasando del 36,37% en el área testigo al 12,77 en el quemado.

El Doradillo presentó la caída más drástica disminuyendo de un 45,39% en el testigo a 8,56 % tras el incendio. Las Terófitas (Plantas anuales) mantuvieron una representación



baja en todos los casos, aunque se registró un leve aumento en el sitio Estrella del Sur (3,02%) y se registró la aparición en sitios quemados de El Doradillo (0,3%) y Laguna del Medio (0,66%).

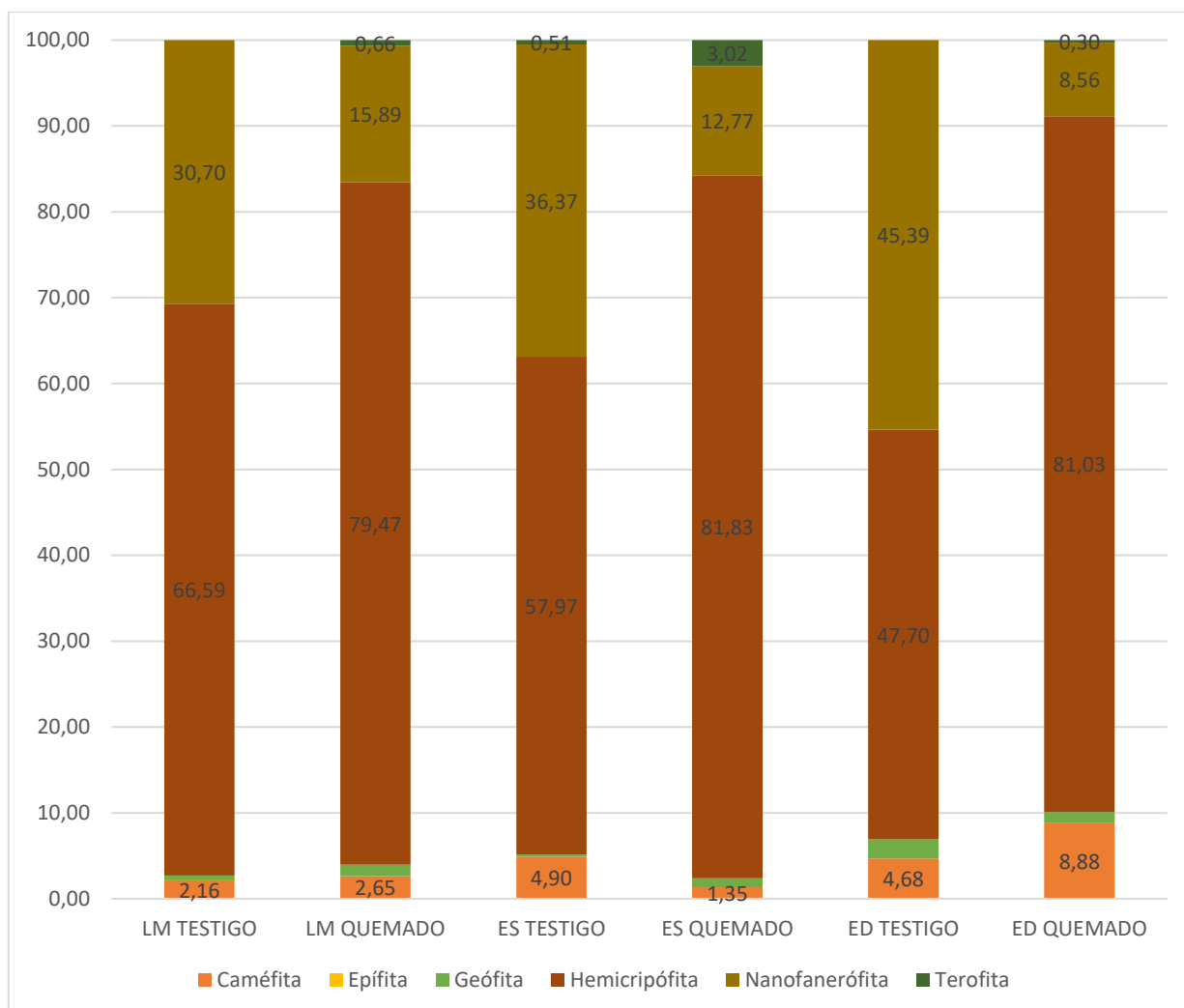


Figura 17 – Comparación entre sitios testigo y quemado de tipos biológicos de Raunkiaer

1.4. Grupos funcionales (herbáceas y pastos perennes, herbáceas anuales, leñosas perennes)

Se obtuvieron los porcentajes de cobertura relativa total aportados por los tres grupos funcionales principales (Tabla 2), en función del sitio de muestreo y la condición (quemado y testigo).

Los grupos funcionales fueron definidos a partir de la clasificación por forma de vida, tipo de vida y tipo biológico según Raunkiaer, siendo:

1. Herbáceas perennes (hemicriptófitas y geófitas)
2. Herbáceas anuales (terófitas)
3. Leñosas perennes (nanofanerófitas y caméfitas)



Las únicas especies no consideradas en este análisis fueron *Parmelia*, *Teleochistes* y *Verrucaria*, por tratarse de líquenes foliáceos que no se encuentran comprendidos dentro de los grupos funcionales definidos.

Tabla 2 – Cobertura relativa (%) de los grupos funcionales en función del sitio y el tratamiento.

	Tratamiento	Transecta	Herbáceas perennes (%)	Herbáceas anuales (%)	Leñosas perennes (%)
LM	Testigo	T1	71,17	0	28,84
		T2	63,62	0	36,39
		T3	63,48	0	36,55
	Quemado	Q1	80	5	15
		Q2	87,13	1,98	10,89
		Q3	77,23	0	22,77
ED	Testigo	T1	55,78	0	44,22
		T2	50,82	0	49,16
		T3	45,9	0	54,09
	Quemado	Q1	84,11	0	15,89
		Q2	84,55	0,91	14,55
		Q3	86,24	0	13,76
ES	Testigo	T1	46,4	1,6	52
		T2	65,63	0	34,37
		T3	57,12	0	42,88
	Quemado	Q1	82,47	3,09	14,43
		Q2	81,03	2	17
		Q3	86,13	3,96	9,9

El análisis de varianza mixto indicó diferencias significativas en la cobertura entre grupos funcionales ($F = 1128,70$; $p < 0,001$). Así como una interacción significativa entre tratamiento y grupo funcional ($F = 159,91$; $p < 0,001$), lo que indica que la respuesta al disturbio por fuego difiere según el grupo considerado. En contraste, los efectos del sitio y del tratamiento por separado no resultó significativo ($p > 0,05$).

La cobertura de herbáceas anuales se mantuvo baja en todas las condiciones evaluadas, sin presentar diferencias significativas entre sitios ni entre tratamientos, lo que indica una escasa contribución de este grupo al ensamble vegetal.

En cambio, las herbáceas perennes mostraron una mayor cobertura en las parcelas quemadas en comparación con las parcelas testigo en los tres sitios analizados. Los valores promedio oscilaron entre 81,45 % y 84,97 % en las parcelas quemadas, mientras que en las parcelas testigo variaron entre 50,83 % y 66,09 % (Figura 18).



Por su parte, las leñosas perennes presentaron una tendencia opuesta, siendo la cobertura significativamente mayor en los sitios testigo. En estas parcelas, los valores oscilaron entre 33,93 % y 49,16 %, mientras que en los sitios quemados variaron entre 13,78 % y 16,22 % (Figura 18).

En conjunto, los resultados evidencian un cambio en la composición funcional de la vegetación asociado al disturbio por fuego, caracterizado por un incremento en la cobertura de herbáceas y pastos perennes y una disminución en la cobertura de especies leñosas. Este patrón se mantuvo consistente entre sitios evaluados.

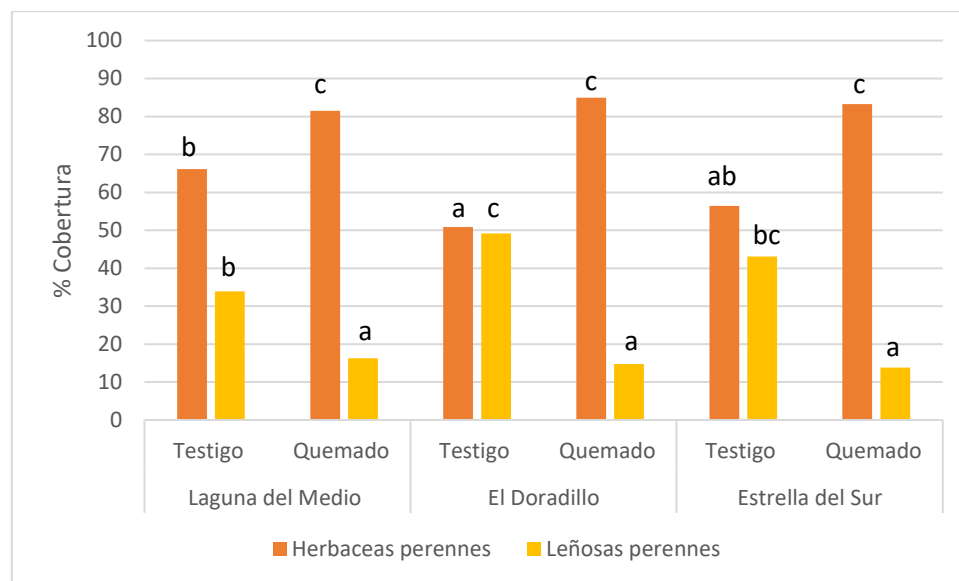


Figura 18 – Cobertura promedio (%) de grupos funcionales en función del sitio y tratamiento. Letras diferentes indican cambios estadísticamente significativos.



2. Banco de Semillas Germinable

2.1. Banco de semillas total

Las áreas testigo presentaron una mayor densidad de plántulas emergidas en comparación con las áreas afectadas por el incendio en los tres sitios evaluados. La mayor densidad se registró en Laguna del Medio con 8628 plántulas/m² en el área testigo y 2351 plántulas/m² en el área quemada. En El Doradillo se observaron 2810 plántulas/m² en el testigo y 1961 plántulas/m² en el área quemada, mientras que en Estrella del Sur se registraron 1046 y 648 plántulas/m² respectivamente (Tabla 3; Figura 19).

Tabla 3 – Valores de la densidad total de plántulas emergidas en ambos periodos de muestreo.

Sitio	Quemada	Testigo	Total general
El Doradillo	1961	2810	4771
Estrella del Sur	648	1308	1956
Laguna del Medio	2351	8628	10979
Total general	4960	12484	17443

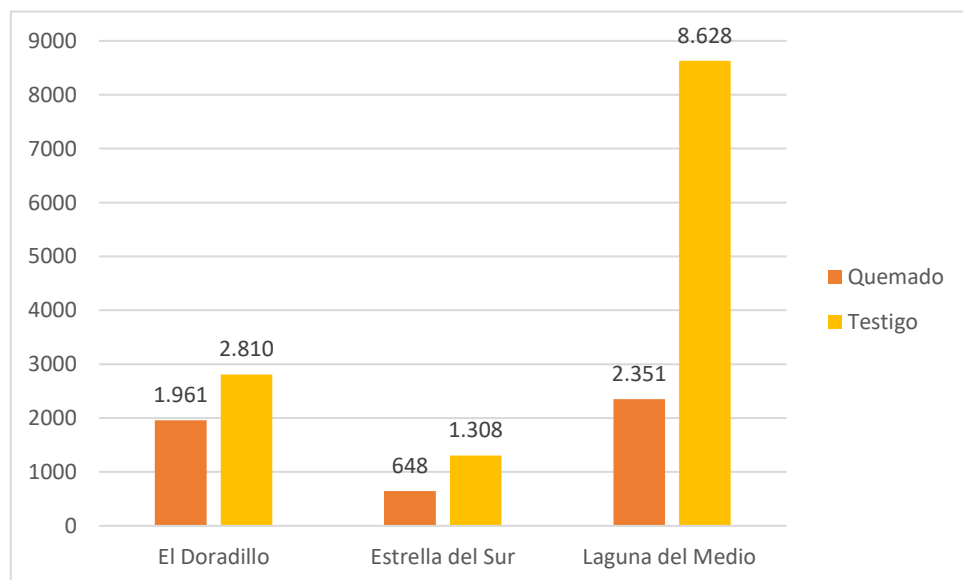


Figura 19 - Densidad total de plántulas (plántulas/m²) emergidas del banco de semillas germinable en ambos periodos de muestreo según sitio y tratamiento.



2.2. Efectos de temporada, condición y micrositio

El modelo GLMM con inflación de ceros presentó un buen ajuste de los residuos (sin evidencia de sobredispersión ni outliers influyentes) y permitió obtener estimaciones válidas.

- Efectos aleatorios:

El intercepto aleatorio de *Establecimiento* (Laguna del Medio, Estrella del Sur, El Doradillo) tuvo una varianza estimada de 0.1289, lo que confirma heterogeneidad entre sitios. El R^2 marginal fue 0.825 y el R^2 condicional 0.996, lo que confirma que la variabilidad entre sitios contribuyó al ajuste del modelo indicando que factores locales de cada sitio influyen en la capacidad de almacenamiento de semillas.

- Efectos fijos:

Tabla 4 – Efectos fijos estimados mediante GLMN

Variable	Estimado (log)	p-value	Interpretación
(Intercepto)	4.7 5	<0.001	Densidad media en otoño, área intervención, micrositio matriz.
Temporada: Primavera	-0.75	0.0026	Disminución significativa de la densidad en primavera.
Área: Testigo	+0.75	0.0009	Mayor densidad en el área testigo respecto a la intervención.
Micrositio: Parche	+1.15	1.55e-05	Aumento significativo de densidad en parches respecto a la matriz.

El banco de semillas germinable mostró una densidad promedio significativamente mayor en las áreas testigo en comparación con las áreas afectadas por el incendio ($p = 0.0009$). En términos relativos, la densidad de plántulas fue aproximadamente el doble en las áreas no quemadas (Tabla 4).

Se observó una marcada heterogeneidad espacial, ya que los parches de vegetación presentaron densidades de plántulas significativamente superiores a las registradas en los interparches ($p < 0.001$), superándolas en más de tres veces, independientemente del tratamiento de fuego. Este patrón se observa de manera consistente en los tres establecimientos evaluados (Figuras 20 a 22), donde los parches concentran la mayor densidad de plántulas tanto en áreas quemadas como testigo.

Asimismo, la densidad de plántulas varió entre estaciones, registrándose una disminución significativa en primavera en comparación con el muestreo de otoño ($p = 0.0026$), con valores aproximadamente un 50% menores. Esta tendencia se refleja en



los tres sitios analizados (Figuras 20 a 22) y sugiere una mayor contribución del banco de semillas transitorio, asociado a la dispersión reciente.

En conjunto, los resultados muestran que la densidad del banco de semillas varía de manera consistente en función del tratamiento, el micrositio y la estacionalidad. Las tablas con los valores promedio se encuentran en el *Anexo 3*.

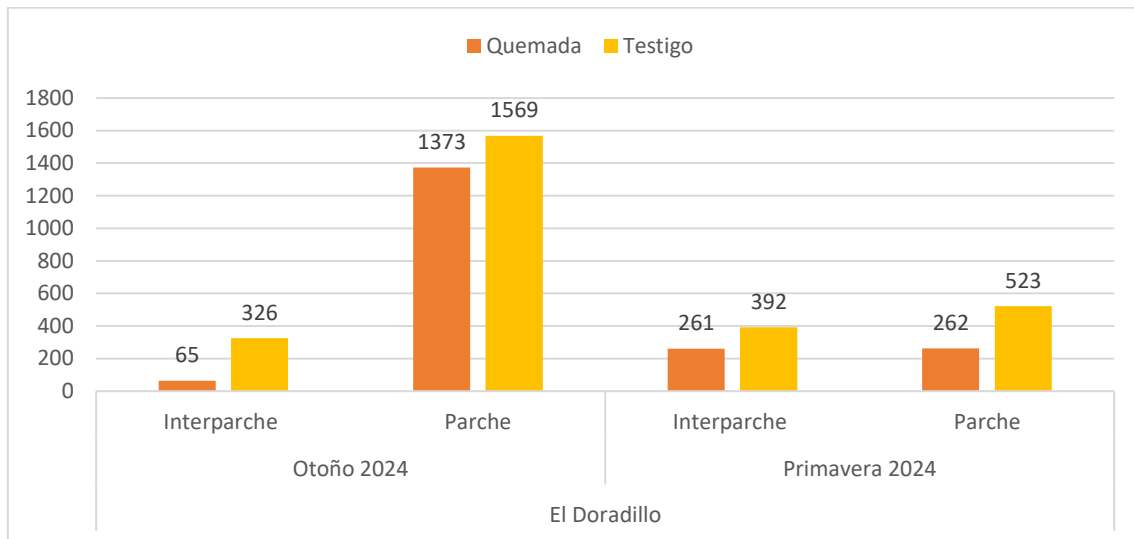


Figura 20 – Densidad de plántulas (plántulas/m²) estimadas de El Doradillo en función del micrositio y temporada en sitios testigo y quemado.

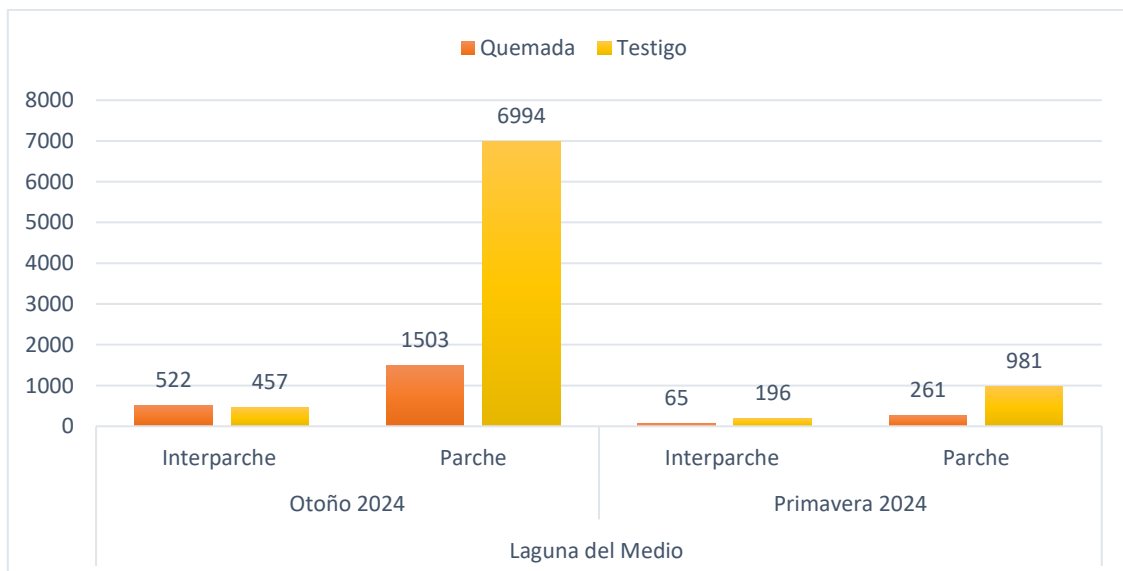


Figura 21 – Densidad de plántulas (plántulas/m²) estimadas de Laguna del Medio en función del micrositio y temporada en sitios testigo y quemado.

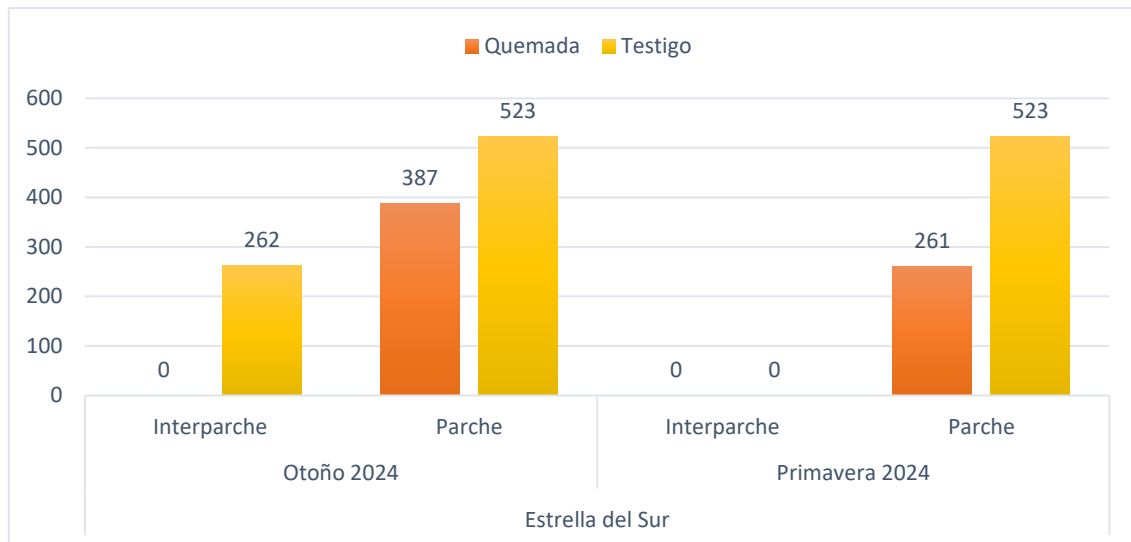


Figura 22 – Densidad de plántulas (plántulas/m²) estimadas de Estrella del Sur en función del micrositio y temporada en sitios testigo y quemado.

2.3. Composición del banco de semillas

La identificación de las plántulas emergidas fue parcial debido al estado temprano de desarrollo de algunos individuos. No obstante, fue posible reconocer algunas especies, entre ellas *Nassella tenuis*, *Pappostipa speciosa* y *Poa ligularis*, siendo especies de pastos perennes representativos del Monte Austral. La mayor parte de los registros fue agrupada según grupos funcionales: Hierbas y pastos perennes, Hierbas anuales y Arbustos.

La composición del banco de semillas, expresada en densidad de plántulas (plántulas/m²), evidenció patrones consistentes entre sitios y tratamientos (Tablas 5 y 6). En ambas temporadas, las hierbas y pastos perennes constituyeron el grupo funcional dominante, concentrando la mayor proporción de plántulas en todos los sitios analizados. Esta tendencia fue particularmente marcada en Laguna del Medio, donde se registraron las mayores densidades absolutas en ambas condiciones.

Las hierbas anuales presentaron una contribución menor y más variable entre sitios y tratamiento. Su representación fue relativamente más importante en El Doradillo, especialmente en el área quemada durante el muestreo de otoño (banco transitorio), donde superaron a los valores registrados para hierbas y pastos perennes (796 vs 299 plántulas/m², Tabla 5), mientras que en Estrella del Sur su presencia fue nula o muy baja en ambas condiciones y temporadas.

Las especies arbustivas no estuvieron representadas en el banco de semillas germinable en ninguno de los sitios ni tratamientos evaluados.

En términos generales, la composición funcional del banco de semillas mantuvo un patrón general entre áreas incendiadas y testigos, aunque se observaron diferencias en la magnitud de la densidad total de plántulas entre sitios y temporadas, evidenciándose



una reducción generalizada de la densidad en los sitios quemados durante la primavera asociado al banco permanente.

Tabla 5 - Densidad de plántulas (plántulas/m²) por grupo funcional en el banco de semillas germinable durante el otoño (banco transitorio).

Sitio	Tratamiento	Hierbas y pastos perennes	Hierbas anuales	Arbustos	Total
LM	T	4776	896	0	5672
	Q	1343	199	0	1542
ES	T	199	0	0	199
	Q	299	0	0	299
ED	T	1244	199	0	1443
	Q	299	796	0	1095

Tabla 6 - Densidad de plántulas (plántulas/m²) por grupo funcional en el banco de semillas germinable durante la primavera (Banco Permanente)

Sitio	Tratamiento	Hierbas y pastos perennes	Hierbas anuales	Arbustos	Total
LM	T	597	50	0	647
	Q	199	50	0	249
ES	T	348	0	0	348
	Q	149	50	0	199
ED	T	398	50	0	448
	Q	199	100	0	299

2.4. Relación entre el Banco de Semillas y la Vegetación Aérea

Algunas especies registradas en la vegetación en pie también estuvieron presentes en el banco de semillas, como *Nassella tenuis*, *Pappostipa speciosa* y *Poa ligularis*. Sin embargo, varias especies registradas en los censos de vegetación no estuvieron representadas en el banco germinable o presentaron una baja abundancia. Para evaluar esta correspondencia, se analizó la proporción relativa (%) de cada grupo funcional en ambos componentes de la comunidad (Tabla 7).



Tabla N° 7- Proporción relativa (%) de grupos funcionales en la vegetación y en el banco de semillas en sectores testigo (T) y quemados (Q) de Laguna del Medio (LM), Estrella del Sur (ES) y El Doradillo (ED).

Laguna del Medio				
Grupo funcional	Vegetación T (%)	Banco T (%)	Vegetación Q (%)	Banco Q (%)
<i>Hierbas y pastos perennes</i>	66,09	84,21	81,45	87,1
<i>Hierbas anuales</i>	0	15,79	2,33	12,9
<i>Arbustos</i>	33,93	0	16,22	0
Estrella Del Sur				
<i>Hierbas y pastos perennes</i>	56,38	100,00	83,21	100
<i>Hierbas anuales</i>	0,53	0,00	3,01	0
<i>Arbustos</i>	43,08	0	13,78	0
El Doradillo				
<i>Hierbas y pastos perennes</i>	50,83	86,21	84,97	27,27
<i>Hierbas anuales</i>	0,01	13,79	0,3	72,73
<i>Arbustos</i>	49,16	0	14,73	0

En la vegetación aérea de todos los sitios, las hierbas y pastos perennes constituyeron el grupo funcional mayoritario independientemente de la condición de incendio. De hecho, este grupo incrementó su representación relativa en las áreas quemadas respecto de las testigos, alcanzando valores de 81,45 % en Laguna del Medio (LM), 83,21 % en Estrella del Sur (ES) y 84,97 % en El Doradillo (ED) asociado a la pérdida de cobertura arbustiva.

En el banco de semillas (analizando su componente transitorio en otoño), las hierbas y pastos perennes replicaron esta dominancia en LM y ES, con valores superiores al 84% y alcanzando el 100% en ES. No obstante, este patrón se invirtió drásticamente en El Doradillo (ED) afectado por el fuego, donde el banco germinable pasó a estar dominado por las hierbas anuales (72,73%), quedando las perennes relegadas a un 27,27%.

Los arbustos mostraron una tendencia opuesta entre la vegetación y el banco. Mientras que en la vegetación aérea exhibieron una presencia estructural importante en las áreas testigo (entre el 33% y el 49%) y una reducción severa en los sitios post incendio, su representación en el banco de semillas germinable fue nula en todos los sitios evaluados.

Las hierbas anuales, por su parte, mantuvieron bajos porcentajes en la vegetación aérea (menor al 3,1% en todos los casos). Sin embargo, en el banco de semillas mostraron una alta resiliencia y potencial de colonización en los sitios afectados por el incendio, donde alcanzó el 13% en LM además del 72,73 % en ED.



La comparación entre la vegetación aérea y el banco de semillas germinable evidenció coincidencias parciales en la composición funcional de la comunidad vegetal. Las hierbas y pastos perennes presentaron una alta representación tanto en la vegetación aérea como en el banco de semillas, lo que sugiere una fuerte capacidad de regeneración a través del banco in situ para este grupo. Por el contrario, la ausencia de arbustos en el banco de semillas sugiere que la regeneración de este grupo funcional post fuego podría depender principalmente de otros mecanismos, como el rebrote vegetativo producto de la extensión de sus estructuras subterráneas.

DISCUSIÓN

Cambios en la estructura y funcionalidad de la vegetación aérea post fuego

Los datos florísticos obtenidos a partir del muestreo de vegetación en pie evidenciaron diferencias entre los sitios testigo y los sitios afectados por el incendio en los tres establecimientos estudiados (Laguna del Medio, Estrella del Sur y El Doradillo). En general, la cobertura vegetal fue menor en las áreas quemadas, mientras que el porcentaje de suelo desnudo aumentó. Este patrón fue particularmente marcado en los sitios Laguna del Medio y Estrella del Sur, mientras que en El Doradillo las diferencias fueron menos pronunciadas, lo que podría indicar una recuperación relativamente más rápida de la vegetación en este establecimiento o una menor severidad del incendio.

En ecosistemas áridos y semiáridos como el Monte Austral el incremento del suelo desnudo incrementa el riesgo de procesos erosivos (Bisigato et al., 2005), lo que a su vez dificulta el establecimiento de nuevas plántulas. Esto se encuentra asociado principalmente a la destrucción de los parches de vegetación capaces de interceptar y retener y acumular agua, sedimentos, materia orgánica y semillas transportadas por el viento (Aguar & Sala, 1999)

La disminución en la diversidad y la uniformidad de la cobertura post incendio sugiere que parte de las especies presentes antes del disturbio reducen su cobertura o dejan de registrarse, mientras que un número menor de especies incrementa su representación relativa. Este cambio en la distribución de la cobertura puede asociarse a la permanencia o recuperación más rápida de especies con rasgos funcionales que les permiten tolerar o rebrotar luego del fuego. El fuego modifica las relaciones entre las especies y altera los patrones de dominancia como de las respuestas específicas de cada especie frente al incendio (Ghermandi et al., 2004). Como consecuencia, las comunidades evaluadas presentan una estructura menos diversa y con mayor concentración de la cobertura en pocas especies durante las etapas tempranas posterior al disturbio (Bran et al., 2007).

Respecto al análisis de grupos funcionales, este evidenció cambios importantes en la estructura funcional de la comunidad vegetal. En los sitios quemados se observó un aumento en la cobertura relativa de herbáceas perennes, acompañado por una disminución de leñosas perennes. Este patrón sugiere que, tras el disturbio, las especies herbáceas perennes presentan mayor capacidad de recuperación, probablemente



asociada a su estrategia de rebrote a partir de estructuras subterráneas y yemas protegidas de las altas temperaturas del incendio, una característica común de hemicriptófitas y geófitas de ambientes áridos y semiáridos.

Asimismo, en los sitios quemados se registró la presencia de algunas especies anuales, ausentes en los sitios testigo, lo que podría indicar el establecimiento de especies colonizadoras típicas de etapas sucesionales tempranas. Estas especies “oportunistas” aprovechan la disponibilidad de recursos liberados como espacio, luz y nutrientes y la remoción temporal de la competencia del estrato arbustivo superior.

Por último, se observó una disminución en el porcentaje de especies endémicas en los sitios quemados, lo que podría reflejar la pérdida o vulnerabilidad temporal de especies con requerimientos ecológicos más específicos. En este sentido, el análisis funcional resulta relevante para comprender las respuestas de la vegetación al fuego, ya que distintos grupos presentan estrategias diferentes de tolerancia, rebrote y regeneración post fuego.

Es importante destacar que, tras los incendios, una de las especies herbáceas perennes que suele colonizar rápidamente las áreas afectadas es la flechilla (*Nassella tenuis*). Esta especie presenta adaptaciones que le permite auto-dispersarse y auto-sembrarse, hechos que favorecen su establecimiento y dispersión. Sus semillas poseen una estructura puntiaguda que facilita su penetración en el suelo, además de una arista higroscópica, geniculada y plumosa que, mediante la acción del viento y los cambios de humedad, permite que la semilla gire y se introduzca eficazmente en el sustrato. Asimismo, estas características favorecen su adhesión al pelaje de los animales, que actúan como agentes dispersores y contribuyen a la expansión de la especie (Figura 23).

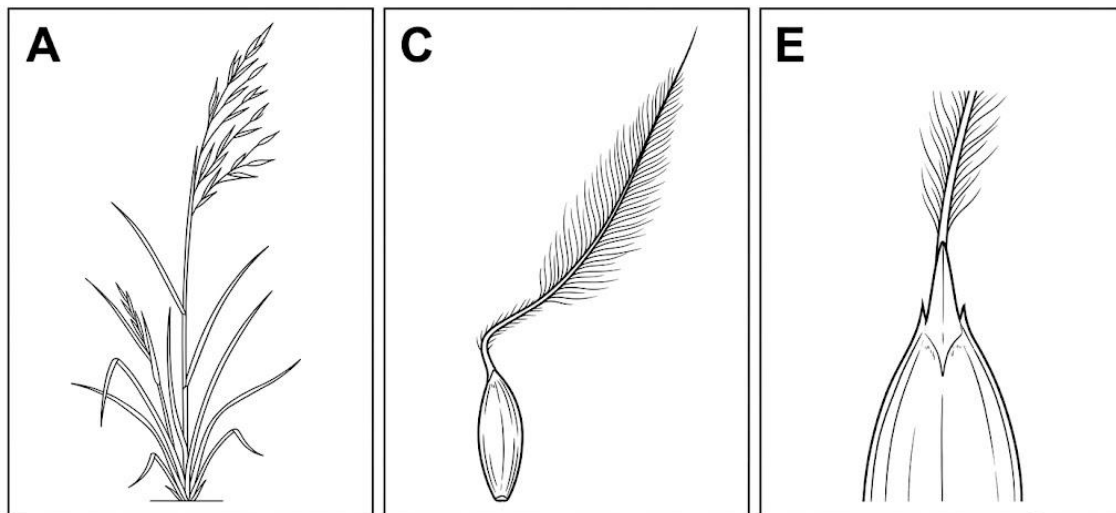


Figura 23 – Flechilla (*Nassella tenuis*). A) Vista general de la planta, simplificada. C) Semilla completa con arista desplegada. E) Detalle del ápice de la semilla, mostrando el rostro y el inicio de la arista higroscópica. Adaptado de Instituto de Botánica Darwinion, s.f.



Por otro lado, otro pasto perenne de importancia es el pasto hebra (*Poa lanuginosa*), debido a que posee rizomas subterráneos largos, delgados y horizontales, con yemas de renuevo también subterráneas, esto le permite resistir el impacto del fuego y rebrotar eficazmente durante la sucesión temprana post-incendio.

Factores moduladores del banco de semillas germinable

El análisis estadístico obtenido de banco de semillas germinable demostró que la densidad de plántulas emergidas está influenciada por la condición del sitio (testigo o quemado), la temporada de muestreo (otoño o primavera) y el micrositio (parche o interparche).

Efecto de la condición (Fuego vs Testigo): Los resultados cuantitativos revelaron que áreas testigo presentaron densidades significativamente mayores que las áreas quemadas, llegando a registrar prácticamente el doble de plántulas emergidas. Este descenso en los sitios quemados evidencia el impacto directo del incendio sobre el banco de semillas superficial del suelo producto de las altas temperaturas alcanzadas durante el paso del incendio en los tres sitios estudiados. Esto sugiere que hay una disminución drástica del potencial de regeneración por vía sexual de manera inmediata al disturbio.

Banco de semillas transitorio vs permanente: La dinámica temporal también mostró una tendencia clara en el estudio, con una densidad de plántulas emergidas significativamente mayor durante el otoño que en primavera. Este resultado sugiere que el banco de semillas transitorio, asociado a las semillas recientemente dispersadas, representa la fracción más importante del banco germinable en estos ambientes. La mayor abundancia en otoño se debe a que el muestreo se realizó poco después del período de mayor dispersión de semillas (que ocurre a fines del verano). Hacia la primavera, el banco germinable disponible disminuye drásticamente debido a que una fracción importante de esas semillas ya germinó de forma oportunista con las lluvias otoñales e invernales previas, o bien se perdió por inviabilidad, enterramiento profundo o consumo por animales.

Particularmente, las hierbas anuales mostraron una disminución estacional pronunciada, lo que se asocia a la baja persistencia de sus semillas en el suelo y a estrategias de germinación oportunista ante las principales precipitaciones del otoño. En contraste, las hierbas y pastos perennes mantuvieron su dominancia en ambas temporadas, evidenciando una mayor estabilidad funcional y temporal en el banco.

Micrositio (parche vs interparche): En cuanto a la distribución espacial, los parches de vegetación presentaron densidades de plántulas significativamente mayores que los interparches, superando por más de tres veces los registros en suelo desnudo. Esta estructura espacial heterogénea se mantuvo independientemente de la temporada y de la condición del sitio. Esto demuestra que, a pesar del disturbio, los parches remanentes (o lo que queda de ellos) siguen funcionando como sitios estratégicos para la retención de semillas dispersadas por el viento, así como de recursos para el establecimiento de nuevas plántulas (Aguilar & Sala, 1999).



Banco de semillas y vegetación en pie

Los resultados muestran que las hierbas y pastos perennes dominaron en todos los sitios independientemente de la condición y que constituyen el componente principal del banco de semillas transitorio y permanente. Esto sugiere que las gramíneas perennes representan el componente regenerativo por vía sexual más importante post incendio en el Monte Austral. La dominancia como la persistencia de estos grupos se puede relacionar con estrategias adaptativas, caracterizada por una lluvia de semillas abundante a fines de verano y semillas viables que germinan rápidamente con la humedad otoñal.

Por el contrario, la ausencia de especies arbustivas en el banco germinable indicaría una nula o muy baja contribución de este grupo a la regeneración sexual post-incendio a partir del banco de semillas. Es probable que las semillas de las especies leñosas posean latencias físicas o pericarpios impermeables muy profundos que impiden su emergencia en condiciones controladas de laboratorio sin una escarificación previa (Bertiller & Aloia, 1997) o bien que estas especies no formen bancos persistentes en el suelo dependientes de una lluvia de semillas anual. Esto sugiere que la recuperación de la estructura arbustiva de la comunidad dependería principalmente de mecanismos de rebrote vegetativo (Figura 24) o de la incorporación posterior de semillas desde áreas no afectadas.



Figura 24 – Rebrote de *Larrea nítida* (Jarilla) en sitio quemado de El Doradillo

La similitud funcional observada entre el banco de semillas y la vegetación aérea estuvo dada principalmente por el predominio de gramíneas perennes. Sin embargo, la ausencia de arbustos refuerza la idea de que el banco de semillas del suelo no refleja fielmente la comunidad vegetal madura ya establecida, sino que funciona como un reservorio especializado para la colonización rápida del estrato herbáceo inferior.



Regeneración post fuego

La resiliencia del pastizal frente a los incendios se ve ligada a las estrategias de regeneración de las plantas que lo componen. Sin embargo, los procesos de recuperación no se explican únicamente por rasgos biológicos de las especies, sino que también interactúan y operan a distintas escalas temporales y espaciales, tales como la historia de uso del suelo y las fluctuaciones climáticas (Ghermandi et al., 2004).

Asimismo, la severidad de quemado que dependerá de las condiciones pre existentes se rige como un factor determinante sobre los efectos del fuego en la dinámica de la vegetación, regulando la supervivencia de yemas subterráneas hasta el grado de destrucción térmica del banco de semillas (Bran et al., 2007).

En este escenario, el balance post fuego entre pastos y arbustos y sus interacciones mutuas resulta un proceso complejo. A lo largo de los años se ha debatido el rol del fuego como una herramienta de control de la arbustización (el aumento desproporcionado de la cobertura leñosa en detrimento de los pastos palatables para el ganado). No obstante, los mecanismos de interacciones de competencia y facilitación entre ambos grupos funcionales durante la sucesión temprana post incendio en el Monte Austral aún albergan incertidumbres. Mientras que la remoción de la biomasa arbustiva libera recursos subsuperficiales y disminuye la competencia por luz y agua para el estrato herbáceo, la pérdida del dosel leñoso también elimina el efecto nodriza que protege a las plántulas de gramíneas contra la desecación estival y los vientos desecantes. De esta manera, el equilibrio a largo plazo entre grupos funcionales dependerá de los factores climáticos de los años inmediatamente posteriores al fuego, que serán determinantes para la recuperación por rebrote de las leñosas o si las gramíneas nativas consolidan su dominancia en el espacio liberado.



CONCLUSIONES

El presente trabajo permitió evaluar el efecto del fuego sobre la regeneración de la vegetación en el noreste de Chubut, integrando el análisis de la vegetación aérea y del banco de semillas germinable en distintos establecimientos, temporadas y micrositios ecológicos.

Los resultados evidenciaron que el incendio produjo cambios significativos en la estructura y composición de la vegetación, caracterizados por una disminución de la cobertura vegetal viva, riqueza específica y la diversidad, junto con un incremento del suelo desnudo y de la dominancia de especies herbáceas perennes. A nivel funcional, se tradujo en una simplificación de la comunidad vegetal, con una marcada reducción de las especies leñosas y un aumento relativo de las herbáceas.

El banco de semillas germinable mostró una menor densidad en las áreas afectadas por el fuego en comparación con los sitios testigo, lo que indica una reducción del potencial de regeneración por esta vía en condiciones post-incendio. Asimismo, se evidenció una fuerte heterogeneidad espacial, con mayores densidades en los parches de vegetación respecto de los interparches, destacando el rol de estos micrositios como reservorios de semillas.

Desde el punto de vista temporal, la disminución de la densidad de plántulas en primavera sugiere una mayor contribución del banco de semillas transitorio, asociado a la dispersión reciente, y una limitada persistencia del banco en el suelo.

La composición funcional del banco de semillas estuvo dominada por herbáceas y pastos perennes, con una escasa o nula representación de especies arbustivas. En este sentido, la comparación entre la vegetación aérea y el banco de semillas evidenció un desacople funcional, particularmente para las especies leñosas, lo que indica que el banco de semillas no refleja completamente la estructura de la comunidad establecida.

En conjunto, estos resultados sugieren que, si bien el banco de semillas contribuye a la recuperación de la cobertura herbácea luego del fuego, su capacidad para restituir la estructura original de la vegetación es limitada, especialmente en lo que respecta al componente arbustivo. En consecuencia, la regeneración de las especies leñosas dependería en mayor medida de mecanismos alternativos, como el rebrote vegetativo o la dispersión posterior al disturbio.

Finalmente, los resultados destacan la importancia de considerar la heterogeneidad espacial y funcional en los procesos de regeneración post-fuego en ecosistemas áridos, así como la necesidad de incorporar esta información en estrategias de manejo y restauración de pastizales patagónicos.



BIBLIOGRAFIA

- Aguiar, M. (1998). Estructura y funcionamiento de los ecosistemas patagónicos. *IFEVA y Cátedra de Ecología, Facultad de Agronomía, UBA*.
- Aguiar, M. R., & Sala, O. (1999). Patch structure, dynamics and implications for the functioning of arid ecosystems. *TREE vol. 14*.
- Aguiar, M., & Sala, O. (1997). SEED DISTRIBUTION CONSTRAINS THE DYNAMICS OF THE PATAGONIAN STEPPE. *Ecology, 78(1) pp. 93–100*.
- Bertiller, M. B., Bisigato, A., Analia, C., & Del Valle, H. F. (2004). Estructura de la vegetación y funcionamiento de los ecosistemas del Monte chubutense. *Bol. Soc. Argent. Bot. 39 (3-4): 139 - 158*.
- Bertiller, M., & Aloia, D. (1997). Seed bank strategies in Patagonian semi-arid grasslands in relation to their management and conservation. *Biodiversity and Conservation*.
- Bertiller, M., & Aloia, D. A. (1997). Seed bank strategies in Patagonian semi-arid grasslands in relation to their management and conservation. *Biodiversity and Conservation 6, 639±650, 12*.
- Bertiller, M., Marone, L., Baldi, R., & Ares, J. (2009). Biological interactions at different spatial scales in the Monte desert of Argentina. *Journal of Arid Environments 73) 212–221*.
- Bisigato, A. J., & Bertiller, M. (2004). Seedling recruitment of perennial grasses in degraded areas of the Patagonian Monte. *JOURNAL OF RANGE MANAGEMENT 57(2)*.
- Bisigato, A., & Bertiller, M. B. (2004a). Temporal and micro-spatial patterning of seedling establishment. Consequences for patch dynamics in the southern Monte, Argentina. *Plant Ecology 174: 235–246*.
- Bisigato, A., & Bertiller, M. B. (2004b). Seedling recruitment of perennial grasses in degraded areas of the Patagonian Monte . *J. Range Manage 57:191 -196*.
- Bisigato, A., Bertiller, M., Ares, J., & Pazos, G. (2005). Effect of grazing on plant patterns in arid ecosystem of Patagonian Monte . *ECOGRAPHY 28: 561/572*.
- Bran, D., Cecchi, G., Gaitan, J., Ayesa, J., & Lopez, C. (2007). Efectos de la severidad de quemado sobre la regeneración de la vegetación en el Monte Austral. *Ecología Austral 17:123-131*.
- Caballero, I., Olano, J. M., Escudero, A., Loidi, & Javier. (2008). Seed bank spatial structure in semi-arid environments: beyond the patch-bare area dichotomy. *Plant Ecol 195:215–223*.



- Chartier, M. P., & Rostagno, C. M. (2006). Soil Erosion Thresholds and Alternative States in Northeastern Patagonian Rangelands. *Rangeland Ecol Manage* 59:616–624.
- Dalling, J. (2002). Ecología de semillas. En M. R. Guariguata, *Ecología y conservación de bosques neotropicales* (págs. 345-375). Cartago, Costa Rica: Tecnológica Libro Universitario Regional .
- Ernst, R., & Morici, E. (2013). Banco de Semillas Germinables de Gramineas del Cadenal Diferencias Pre y Post Diseminacion . *Agron.UNLPam Vol22.Seriesupl.2.CongresodePastizales*, 6.
- Escobar, J. M. (1997). Desertificación en Chubut. *Prodesar Proyecto argentino aleman INTA/GTZ*.
- Funes, G., Basconcelo, S., Díaz, S., & Cabido, M. (2001). Edaphic patchiness influences grassland regeneration from the soil seed-bank in mountain grasslands of central Argentina. *Austral Ecology*.
- Ghermandi, L., Guthmann, N., & Donaldo, B. (2004). Early post fire sucesion in northwestern Patagonia grasslands. *Journal ofVegetation Science.. Vol.15:67-76*.
- González, C. (2000). *Estudio del impacto del fuego sobre la vegetacion de Chubut*. Facultad de Cs. Naturales y Cs. de la Salud - Universidad Nqcional de la Patagonia San Juan Bosco.
- González, C., Lista, A., Silva, C., Joffe, A., Ponce, G., Patricia, S., & Llorens, M. (2022). The Floristic-Holistic Method for Arid, Semiarid, and Subhumid Areas: A Tool for the Revaluation of Floristic Diversity, Conservation, and Protection of the Ecosystem. *DOI: 10.5772/intechopen.106226*.
- González, S., & Ghermandi, L. (2008). Postfire seed bank dynamics in semiarid grasslands. *Plant Ecol* .
- Instituto de Botánica Darwinion. (s.f.). *Nassella tenuis*. Flora Argentina: Base de datos de la Flora Vascular de la República Argentina.
<https://buscador.floraargentina.edu.ar/species/details/23447/4802>
- Khurana, E., & Singh, J. (2001). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest. *Environmental Conservation* 28 (1): 39–52 © 2001 Foundation for Environmental Conservation.
- Lattera, P., Ortega, E., Ochoa, M. d., Vignolio, O., & Osbaldo, F. (2006). Interactive influences of fire intensity and vertical distribution of seed banks on post-fire recolonization of a tall-tussock grassland in Argentina. *Austral Ecology*.
- Leader, C. (2007). *Banco de semillas y reclutamiento de plantulas en una estepa arbustivo - graminosa del monte oriental de Río Negro y su relacion con el uso de la tierra*. Tesis Doctor en Biología Universidad Nacional del Sur.



- Leder, C. V., Peter, G., & Funck, F. (2015). Seed rain alteration related to fire and grazing history in a semiarid shrubland. *Journal of Arid Environments Vol 121*: 32 - 39.
- Leon, J. C., Bran, D., Collantes, M., Paruelo, J. M., & Soriano, A. (1998). Grandes Unidades de Vegetacion de la Patagonia Extra Andina . *Ecología Austral: 8*:125-144 *Asociacion Argentina de Ecologia*.
- Lipoma, M. L., Guillermo, F., & Díaz, S. (2017). Fire effects on the soil seed bank and post-fire resilience of a semi-arid shrubland in central Argentina. *Austral Ecology*.
- López Marisco, L., Lezama, F., & Altesor, A. (2019). ¿Qué sabemos sobre los efectos del fuego en pastizales? *Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de la Republica Uruguay*.
- Loydi, A., Funck, F., & Garcia, A. (2020). Vegetation recovery after fire in mountain grasslands of Argentina . *Journal of Mountain Science 17*(2).
- Marañón, T. (2001). Ecología del banco de semillas y dinámica de comunidades mediterráneas. *Simposio de la Sociedad Española de Ecología Terrestre*, 153-181.
- Márquez, S., Funes, G., Cabido, M., & Pucheta, E. (2002). Efectos del pastoreo sobre el banco de semillas germinable y la vegetación establecida en pastizales de montaña del centro de Argentina. *Revista Chilena de Historia Natural 75*: 327-337.
- Oosterheld, M., Loreti, J., Semmartin, M., & Paruelo. (1999). Grazing, fire, and climate effects on primary productivity of grasslands and savana. En L. Walker, *Ecosystems of the World 16 Ecosystems of Disturbed Ground* (págs. 287 - 306).
- Oliva, G., Noy-Meir, I., & Cibilis, A. (2001). Fundamentos de la Ecología de Pastizales . En P. Borelli, & G. Oliva, *Ganaderia Ovina Sustentable en la Patagonia Austral* (págs. 83 - 100). INTA Regional Patagonia Sur.
- Paruelo, J. (2003). Impacto humano sobre los ecosistemas El caso de la Desertificación. *IFEVA-Cátedra de Ecología, Facultad de Agronomía, UBA y CONICET*.
- Puido, M., & Cavero, R. (2005). Banco de Semillas: Comparacion de Metodologias de Extraccion, de Densidad y de Profundidad de Muestreo. *Biologia Univ. Navarra, Ser. Bot., 16*: 71 - 85. .



ANEXOS

Anexo 1 – Descripción florística por sitio de muestreo

LAGUNA DEL MEDIO

Área testigo:

El área testigo se caracteriza por ser una Estepa graminoso - arbustiva (Figura 25) dominada por pastos flechilla (*Nassella tenuis*), coirón poa (*Poa ligularis*), pasto hebra (*Poa lanuginosa*) y coirón amargo (*Pappostipa speciosa*) acompañadas por los arbustos quilimbay (*Chuquiraga avellanadae*) y jarilla hembra (*Larrea divaricata*). Se observaron arbustos aislados de molle (*Schinus johnstonii*), uña de gato (*Chuquiraga erinacea ssp hystrix*), alpataco (*Neltuma alpataco*), mata sebo (*Monttea aphylla*), jarilla fina (*Larrea nitida*), zampa (*Atriplex lampa*), solupe (*Ephedra ochreata*), piquillín (*Condalia microphylla*), palo azul (*Cyclolepis genistoides*), manca caballo (*Prosopidastrum striatum*) Y yaoyin (*Lycium chilense*). Entre los subarbustos se destaca el tomillo (*Truncosoa seriphioides*) y la manca perra (*Nassauvia ulicina*). Las hierbas se caracterizan por la presencia del porotillo (*Hoffmannseggia trifoliata* y *Hoffmannseggia erecta*), mantillo de plata (*Bacharis tennella*) y perezia (*Perezia recurvata*). Entre otros pastos acompañantes se observó coirón pluma (*Jarava neaei*) y elimo (*Leymus erianthus*). Se observaron cactáceas (*Austocactus patagonicus*). Además, se registraron briofitas y hongos liquenizados de los géneros *Verrucaria*, *Usnea*, *Teleochistes* y *Parmelia*. No se registraron licófitas ni helechos. La única gimnosperma relevada corresponde al solupe (*Ephedra ochreata*).



Figura 25 – Ambiente testigo Laguna del Medio



Área quemada:

El área quemada se caracteriza por ser una Estepa graminosa (Figura 26) dominada por los pastos Flechilla (*Nassella tenuis*) y Coirón amargo (*Pappostipa speciosa*) acompañados por coirón llama (*Pappostipa humilis*) y el verdín (*Festuca australis*). Los arbustos se encuentran en un proceso de rebrote destacándose jarilla hembra (*Larrea divaricata*), alpataco (*Neltuma alpataco*), molle (*Schinus johnstonii*), quilimbay (*Chuquiraga avellanadae*), yaoyin (*Lycium chilense*) y piquillín (*Condalia microphylla*). Las hierbas corresponden a mantillo de plata (*Baccharis tenella*), porotillo (*Hoffmansegia trifoliata* y *Hoffmansegia erecta*), plantago (*Plantago patagónica*), perezia (*perezia recurvata*) y *Sphaeralcea mendocina*. Los subarbustos rebrotados corresponden a *Baccharis megapotamica* y *Baccharis darwinii*. No se relevaron briofitas, líquenes, ni cactáceas evidenciando un fuerte retroceso luego del incendio.



Figura 26 – Ambiente quemado Laguna del Medio



ESTRELLA DEL SUR

Área testigo:

El área testigo relevada se caracteriza por ser una Estepa graminosa (Figura 27), con dominancia de pastos flechilla (*Nassella tenuis*) y Coirón amargo (*Pappostipa speciosa*), acompañados por coirón poa (*Poa ligularis*), pasto hebra (*Poa lanuginosa*), coirón llama (*Pappostipa humilis*), coirón pluma (*Pappostipa neaei*) y flechilla negra (*Piptochaetium napostaense*). Los arbustos más representados son la jarilla hembra (*Larrea divaricata*) y el quilimbay (*Chuquiraga avellanadae*) acompañados por ejemplares de molle (*Schinus johnstonii*), uña de gato (*Chuquiraga erinacea*), manca caballo (*Prosopidastrum striatum*), piquillín (*Condalia microphylla*), yaoyin (*Lycium chilense*), jarilla fina (*Larrea nitida*) y mata sebo (*Monttea aphylla*). Entre los principales subarbustos, se observó la presencia de tomillo (*Acantholippia seriphioides*), *Tetraglochin caespitosa*, manca perra (*Nassauvia ulicina*), colapiche (*Nassauvia glomerulosa*), *Fabiana patagónica* y un ejemplar aislado de *Rhamphopetalum microphyllum*.

Las hierbas observadas corresponden al porotillo (*Hoffmannseggia erecta*), *Plantago patagonica* y *Festuca australis*. Por fuera de la transecta se observó la presencia de cactáceas (*Austocactus patagonicus*). Además, se registraron briofitas y líquenes del género *Parmelia* y *Verrucaria*.



Figura 27 – Ambiente testigo Estrella del Sur



Área quemada:

El área quemada se corresponde a una Estepa graminosa (Figura 28) dominada por flechilla (*Nassella tenuis*) acompañadas por coirón amargo (*Pappostipa speciosa*), coirón llama (*Pappostipa humilis*) y algunos ejemplares menores de coirón poa (*Poa ligularis*).

Entre los arbustos relevados se destaca el molle (*Schinus johnstonii*) y la jarilla hembra (*Larrea divaricata*), generalmente encontrados en proceso de rebrote. A su vez, acompañan ejemplares de manca caballo (*Prosopidastrum striatum*), uña de gato (*Chuquiraga erinacea ssp hystrix*), quilimbay (*Chuquiraga avellanadae*), *Prosopidastrum globosum*, jarilla fina (*Larrea nitida*), *Baccharis megapotamica* y algunos ejemplares aislados de piquillín (*Condalia microphylla*) y mata sebo (*Monttea aphylla*). La única especie de gimnosperma relevada fue solupe (*Ephedra ochreatea*). El único subarbusto relevado corresponde a *Baccharis darwinii*.

Las hierbas presentes fueron porotillo (*Hoffmannseggia erecta* y *Hoffmannseggia trifoliata*), *Festuca australis*, plantago (*Plantago patagonica*), mantillo de plata (*Baccharis tenella*), *Xiphodesma anthemoides* y *Perezia recurvata*.



Figura 28 – Ambiente quemado Estrella del Sur



EL DORADILLO

Área testigo:

Este ambiente se corresponde a una Estepa graminosa arbustiva (Figura 29) dominada por fechilla (*Nassella tenuis*) y coirón llama (*Pappostipa humilis*) acompañados por coirón amargo (*Pappostipa speciosa*). Los arbustos mayormente representados fueron uña de gato (*Chuquiraga erinacea ssp hystrix*), quilimbay (*Chuquiraga avellanadae*), molle (*Schinus johnstonii*) y jarilla hembra (*Larrea divaricata*), acompañados de manca caballo (*Prosopidastrum striatum*), jarilla fina (*Larrea nitida*) y ligustrina (*Mulguraea ligustrina*). A su vez, se observaron ejemplares de piquillin (*Condalia microphylla*), yaoyin (*Lycium chilense*), solupe (*Ephedra ochreatea*), charcao (*Senecio filaginoides*) y *Nassauvia axillaris*. Entre los principales subarbustos relevados, se observó la presencia de tomillo (*Troncosoa seriphioides*), manca perra (*Nassauvia ulicina*), colapiche (*Nassauvia glomerulosa*), *Baccharis megapotamica*, *Baccharis darwiini* y *Tetraglochin caespitosa*.

Entre las hierbas relevadas, se destacaron *Perezia recurvata*, porotillo (*Hoffmannseggia trifoliata* y *Hoffmannseggia erecta*), mantillo de plata (*Baccharis tenella*) y *Xiphodesma anthenoides*. No se registraron hongos liquenizados, aunque se observó la presencia de briofitas en el sitio.



Figura 29 - Ambiente testigo El Doradillo



Área quemada:

El área quemada se corresponde a una Estepa graminosa (Figura 30) dominada por las especies de fechilla (*Nassella tenuis*) y pasto hebra (*Poa lanuginosa*) acompañados por especies de coirón poa (*Poa ligularis*) Coirón amargo (*Pappostipa speciosa*) y coirón pluma (*Pappositipa neaei*)

Los arbustos registrados corresponden al molle (*Schinus johnstonii*), jarilla hembra (*Larrea divaricata*), uña de gato (*Chuquiraga erinacea ssp hystrix*), yaoyin (*Lycium chilense*), manca caballo (*Prosopidastrum striatum*), piquillín (*Condalia microphylla*), jarilla fina (*Larrea nitida*), también se pudo apreciar ejemplar aislado de solupe (*Ephedra ochreatea*).

Los subarbustos rebrotados corresponden a *Baccharis melanopotamica*, *Baccharis darwinii*, manca perra (*Nassauvia ulicina*), tomillo (*Troncosoa seriphioides*) y *Tetraglochin caespitosa*.

Las hierbas observadas corresponden al mantillo de plata (*Baccharis tenella*), *Xiphodesma anthemoides*, porotillo (*Hoffmannseggia erecta* y *Hoffmannseggia trifoliata*), *Sphaeralcea mendocina*, plantago (*Plantago patagonica*), también se pudo apreciar la presencia de la especie introducida malvar rubia (*Marrubium vulgare*)

A diferencia de los demás sitios quemados se observaron líquenes del género *Verrucaria*. No se relevaron briofitas ni cactáceas.



Figura 30 – Ambiente quemado en El Doradillo



Anexo 2 – Tablas con valores obtenidos del análisis de la vegetación aérea por sitio y tratamiento

Tabla 8 – Porcentaje de Cobertura por Familia Botánica del total de especies encontradas de sitios testigos y quemados de los tres establecimientos.

FAMILIA	LM TESTIGO	LM QUEMADO	LE TESTIGO	LE QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
Amarantaceae	0,27	0	0	0	0	0
Anacardiaceae	3,49	2,64	3,52	3,04	6,83	2,74
Asteraceae	16,78	4,97	18,06	3,73	22,17	4,59
Bryaceae	1,07	0	3,24	0	1,64	0
Cactaceae	0,00	0	0,00	0,68	0	0
Ephedraceae	0,80	0,00	1,09	3,06	0,29	0,00
Fabaceae	2,40	5,29	3,94	0	6,18	2,14
Parmeliaceae	0	0	1,30	0	0	0
Malvaceae	3,20	0,0003	0	0	0	1,22
Plantaginaceae	0,80	1,66	0,78	1,69		0,30
Poaceae	59,65	77,81	53,16	82,80	44,72	80,72
Rhamnaceae	0,01	0,33	1,08	0,33	0,81	0,91
Rosaceae	0,00	0	1,32	0	0,27	0,30
Solanaceae	0,01	0,66	1,32	0	0,55	0,91
Teleoschistaceae	0,01	0	0	0	0	0
Verbenaceae	0,81	0,00	1,61	0	7,99	2,45
Verrucariaceae	2,40	0	0,53	0	0	0,31
Zygophyllaceae	8,30	6,63	9,06	4,33	8,28	2,14
Calyceraceae	0	0	0	0,3436	0,2667	0,92
Polygalaceae	0	0	0	0	0	0,00
Lamiaceae	0	0	0	0	0	0,31
Total	100	100	100	100	100	100

Tabla 9 - Porcentaje de Cobertura por Tipo Biológico del total de especies encontradas de sitios testigos y quemados de los tres establecimientos.

TIPO	LM TESTIGO	LM QUEMADO	LE TESTIGO	LE QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
Briofitas	1,07	0	3,24	0	1,64	0
Eudicotiledóneas	32,86	66,97	40,70	16,52	53,08	18,97
Gymnospermas	0,80	1,32	1,09	0,68	0,29	0,00
Líquenes	5,61	0	1,82	0	0	0,31
Monocotiledóneas	59,65	31,71	53,16	82,80	44,99	80,72
Total	100	100	100	100	100	100



Tabla 10 - Porcentaje de Cobertura por Forma Biológica del total de especies encontradas de sitios testigos y quemados de los tres establecimientos.

FORMA	LM TESTIGO	LM QUEMADO	LE TESTIGO	LE QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
Arbustos	32,05	16,22	41,27	13,78	49,51	13,46
Hierbas	62,33	83,78	53,67	86,22	48,85	86,23
Suculentas	0,003	0	0,00	0	0	0
Talófitas	5,61	0	1,82	0	0	0,31
Musgos	0	0	3,24	0	1,64	0
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Tabla 11 - Porcentaje de Cobertura por Hábito del total de especies encontradas de sitios testigos y quemados de los tres establecimientos.

HABITO	LM TESTIGO	LM QUEMADO	LE TESTIGO	LE QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
Perennes	100	97,67	99,49	96,98	100,00	99,70
Anuales	0	2,33	0,51	3,02	0,00	0,30
Total	100	100,00	100	100,00	100	100,00

Tabla 12 - Porcentaje de Cobertura por Forma adaptativa de Raunkiaer del total de especies encontradas de sitios testigos y quemados de los tres establecimientos.

RAUNKIER	LM TESTIGO	LM QUEMADO	LE TESTIGO	LE QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
Caméfitas	2,16	2,65	4,90	1,35	4,68	8,88
Epífitas	0,02	0	0	0	0	0
Geófitas	0,53	1,33	0,25	1,03	2,23	1,22
Hemicripófitas	66,59	79,47	57,97	81,83	47,70	81,03
Nanofanerófitas	30,70	15,89	36,37	12,77	45,39	8,56
Terófitas	0	0,66	0,51	3,02	0	0,30
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00



Tabla 13 - Porcentaje de Cobertura por Estatus del total de especies encontradas de sitios testigos y quemados de los tres establecimientos.

ESTATUS	LM TESTIGO	LM QUEMADO	LE TESTIGO	LE QUEMADO	ED TESTIGO	ED QUEMADO
Nativa	76,24	88,41	70,73	91,54	61,21	85,62
Endémica	23,76	11,59	29,27	8,46	38,79	14,07
Introducida	0	0	0	0	0	0,31
Total	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Anexo 3 – Tablas de densidad de plántulas promedio estimada en los sitios de muestreo en función del tratamiento, la temporada y el micrositio.

Tabla 14 – El Doradillo

Establecimiento	Área	Temporada	Micrositio	Densidad de plántulas
El Doradillo	Quemada	Primavera 2024	Parche	0
El Doradillo	Quemada	Primavera 2024	Parche	131
El Doradillo	Quemada	Primavera 2024	Parche	131
El Doradillo	Quemada	Primavera 2024	Interparche	131
El Doradillo	Quemada	Primavera 2024	Interparche	65
El Doradillo	Quemada	Primavera 2024	Interparche	65
El Doradillo	Testigo	Primavera 2024	Parche	261
El Doradillo	Testigo	Primavera 2024	Parche	131
El Doradillo	Testigo	Primavera 2024	Parche	131
El Doradillo	Testigo	Primavera 2024	Interparche	65
El Doradillo	Testigo	Primavera 2024	Interparche	327
El Doradillo	Testigo	Primavera 2024	Interparche	0
El Doradillo	Quemada	Otoño 2024	Parche	588
El Doradillo	Quemada	Otoño 2024	Parche	0
El Doradillo	Quemada	Otoño 2024	Parche	784,31
El Doradillo	Quemada	Otoño 2024	Interparche	65
El Doradillo	Quemada	Otoño 2024	Interparche	0
El Doradillo	Quemada	Otoño 2024	Interparche	0
El Doradillo	Testigo	Otoño 2024	Parche	457,52
El Doradillo	Testigo	Otoño 2024	Parche	1111,111111
El Doradillo	Testigo	Otoño 2024	Parche	0
El Doradillo	Testigo	Otoño 2024	Interparche	261,44
El Doradillo	Testigo	Otoño 2024	Interparche	65
El Doradillo	Testigo	Otoño 2024	Interparche	0



Tabla 15 – Laguna del Medio

Establecimiento	Área	Temporada	Micrositio	Densidad de plántulas
Laguna del Medio	Quemada	Otoño 2024	Parche	261
Laguna del Medio	Quemada	Otoño 2024	Parche	784
Laguna del Medio	Quemada	Otoño 2024	Parche	458
Laguna del Medio	Quemada	Otoño 2024	Interparche	261
Laguna del Medio	Quemada	Otoño 2024	Interparche	196
Laguna del Medio	Quemada	Otoño 2024	Interparche	65
Laguna del Medio	Testigo	Otoño 2024	Parche	4379
Laguna del Medio	Testigo	Otoño 2024	Parche	653,5947712
Laguna del Medio	Testigo	Otoño 2024	Parche	1961
Laguna del Medio	Testigo	Otoño 2024	Interparche	131
Laguna del Medio	Testigo	Otoño 2024	Interparche	65
Laguna del Medio	Testigo	Otoño 2024	Interparche	261
Laguna del Medio	Quemada	Primavera 2024	Parche	65
Laguna del Medio	Quemada	Primavera 2024	Parche	196
Laguna del Medio	Quemada	Primavera 2024	Parche	0
Laguna del Medio	Quemada	Primavera 2024	Interparche	0
Laguna del Medio	Quemada	Primavera 2024	Interparche	0
Laguna del Medio	Quemada	Primavera 2024	Interparche	65
Laguna del Medio	Testigo	Primavera 2024	Parche	850
Laguna del Medio	Testigo	Primavera 2024	Parche	131
Laguna del Medio	Testigo	Primavera 2024	Parche	0
Laguna del Medio	Testigo	Primavera 2024	Interparche	0
Laguna del Medio	Testigo	Primavera 2024	Interparche	196
Laguna del Medio	Testigo	Primavera 2024	Interparche	0



Tabla 16 – Estrella del Sur

Establecimiento	Área	Temporada	Micrositio	Densidad de plántulas
Estrella del Sur	Quemada	Otoño 2024	Parche	131
Estrella del Sur	Quemada	Otoño 2024	Parche	191
Estrella del Sur	Quemada	Otoño 2024	Parche	65
Estrella del Sur	Quemada	Otoño 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Quemada	Otoño 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Quemada	Otoño 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Testigo	Otoño 2024	Parche	0
Estrella del Sur	Testigo	Otoño 2024	Parche	458
Estrella del Sur	Testigo	Otoño 2024	Parche	65
Estrella del Sur	Testigo	Otoño 2024	Interparche	131
Estrella del Sur	Testigo	Otoño 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Testigo	Otoño 2024	Interparche	131
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Parche	196
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Parche	0
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Parche	65
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Quemada	Primavera 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Testigo	Primavera 2024	Parche	0
Estrella del Sur	Testigo	Primavera 2024	Parche	458
Estrella del Sur	Testigo	Primavera 2024	Parche	65
Estrella del Sur	Testigo	Primavera 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Testigo	Primavera 2024	Interparche	0
Estrella del Sur	Testigo	Primavera 2024	Interparche	0