

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**EFECTO DEL FUEGO EN LA DINÁMICA DE MALEZAS Y  
COMPORTAMIENTO DE HERBICIDAS PREMERGENTES EN  
EUCALIPTO**

**por**

**Lucía AIRAUDO GARDIL  
Kelly Constanza PIÑEYRUA GUTIERREZ**

**Trabajo final de grado  
presentado como uno de los  
requisitos para obtener el  
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2023**

Trabajo final de grado aprobado por:

Director/a:

---

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

Tribunal:

---

Ing. Agr. Dra. Juana Villalba

---

Ing. Agr. Emiliano Nessi

---

Ing. Agr. MSc. Luciana Rey

Fecha:

22 de diciembre de 2023

Estudiante:

---

Lucía Airaudo Gardil

---

Kelly Piñeyrua Gutiérrez

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, un agradecimiento a nuestra directora de Tesis Ing. Agr. Dra. Juana Villalba por su compromiso, dedicación y el apoyo brindado en la última instancia de formación de la carrera.

Un especial agradecimiento a el Ing. Agr. Ricardo Buzzo y demás personas de la empresa Forestal Oriental por su ayuda, disposición y espacio que nos dieron a lo largo del desarrollo del trabajo practico. Además, agradecer al personal de la empresa “El Trébol” y Mathías Collares por la gran ayuda en el esfuerzo de la parte práctica.

Un reconocimiento especial a la ayuda del equipo de biblioteca, por su atención y disposición en este trayecto.

Agradecemos de forma especial a nuestra familia, amigos y compañeros por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera.

Por último, un agradecimiento a Facultad de Agronomía y todo el equipo docente por brindarnos las herramientas y conocimientos necesarios para nuestra formación como profesionales.

## TABLA DE CONTENIDO

<u>PAGINA DE APROBACIÓN.....</u>	<u>2</u>
<u>AGRADECIMIENTOS .....</u>	<u>3</u>
<u>RESUMEN.....</u>	<u>7</u>
<u>SUMMARY .....</u>	<u>8</u>
<u>1. INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>9</u>
<u>2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA .....</u>	<u>11</u>
2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MALEZAS .....	11
2.2 ATRIBUTOS POBLACIONALES DE LAS MALEZAS .....	11
2.3 EFECTOS DEL FUEGO EN LA COMUNIDAD VEGETAL.....	12
2.4 EL FUEGO Y LOS CAMBIOS QUE GENERA DE TEMPERATURA Y SU EFECTO EN LA DORMANCIA.....	14
2.5 INFLUENCIA DE MALEZAS EN PLANTACIONES FORESTALES	17
2.6 EFECTO DE LAS CENIZAS EN EL COMPORTAMIENTO DE HERBICIDAS PREMERGENTES.....	18
<u>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</u>	<u>20</u>
3.1 EXPERIMENTOS: EVALUACIÓN DINÁMICA DE MALEZAS.....	20
3.1.1 Mafalda Oeste.....	20
3.1.2 La Merced .....	21
3.1.3 Análisis estadístico .....	21
3.2 EXPERIMENTOS: EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE HERBICIDAS PREMERGENTE.....	22
3.2.1 Metodología de instalación .....	22
3.2.2 Análisis estadístico .....	23
<u>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</u>	<u>25</u>
4.1 EVALUACIÓN DINÁMICA DE MALEZAS.....	25
4.1.1 Mafalda oeste .....	25
4.1.2 La Merced .....	32
4.2 EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE HERBICIDAS PREMERGENTE .....	39
4.2.1 Mafalda Oeste.....	39
4.2.2 La Merced .....	46
<u>5. CONCLUSIONES.....</u>	<u>52</u>
<u>6. BIBLIOGRAFÍA.....</u>	<u>53</u>
<u>7. ANEXO.....</u>	<u>56</u>

## LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla no.	Página
1. <i>Descripción y dosis de herbicidas preemergentes usados.</i>	23
2. <i>Frecuencia por especies seleccionadas en el tratamiento sin incendio en el predio “Mafalda Oeste”.</i>	27
3. <i>Frecuencia por especies seleccionadas en el tratamiento con incendio en el predio “Mafalda Oeste”.</i>	28
4. <i>Frecuencia por especies seleccionadas en el tratamiento con incendio en el predio “La Merced”</i>	35
5. <i>Resumen de resultados de efectos principales y posibles interacciones a los 23, 31, 41,61 y 82 DPA.</i>	40
6. <i>Especies presentes predominantes en el predio “Mafalda Oeste” agrupado en <i>Cyperus spp</i>, gramínoides y hoja ancha.</i>	46
7. <i>Resumen de resultados de efectos principales y posibles interacciones 31 y 61 días post aplicación en el predio “La Merced”.</i>	47
8. <i>Especies presentes predominantes en el predio “La Merced” agrupado en <i>Cyperus spp</i> y hoja ancha</i>	51
Figura no.	Página
1. <i>Cobertura en % de enmalezamiento a lo largo de las mediciones en predio “Mafalda Oeste”</i>	26
2. <i>Evolución del parámetro riqueza a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “Mafalda Oeste”.</i>	29
3. <i>Índice de Shannon a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “Mafalda Oeste”.</i>	30
4. <i>Índice de equitatividad a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “Mafalda Oeste”.</i>	31
5. <i>Cobertura en % de enmalezamiento a lo largo de las mediciones en predio “La Merced”</i>	33

6. *Evolución del parámetro riqueza a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “La Merced”.* 36
7. *Índice de Shannon a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “La Merced”.* 37
8. *Índice de equitatividad a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “La Merced”.* 39
9. *Evaluación efecto incendio en N° de malezas/m<sup>2</sup> a lo largo de las mediciones en el predio “Mafalda Oeste”* 41
10. *Evolución del número de malezas por m<sup>2</sup> 23, 31, 41 y 82 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “Mafalda Oeste”.* 43
11. *Evolución de proporción de especies a los 23, 31, 41 y 82 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “Mafalda Oeste”* 44
12. *Número de malezas/ m<sup>2</sup> en efecto remoción a los 31 y 61 días post aplicación en el predio “La Merced”.* 48
13. *Evolución del número de malezas por m<sup>2</sup> 31 y 61 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “La Merced”.* 49
14. *Evolución de proporción de especies a los 31 y 61 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “La Merced”* 50

## RESUMEN

Los incendios forestales ocurridos durante el verano 2021-2022 en Uruguay generaron preocupación en varios ámbitos, incluidos los sistemas silvícolas. El incendio podría generar cambios a nivel de flora por cambios en la dormición de las semillas del banco de suelo, y en el comportamiento de herbicidas premergentes debido a su posible inactivación por cenizas. Estos cambios imponen un desafío relacionado al control de malezas. En este estudio se intentó dar respuesta al problema evaluando la dinámica de las malezas y el comportamiento de los herbicidas premergentes en plantaciones de Eucalipto post-incendio. Las evaluaciones se realizaron en dos sitios previamente quemados, uno de ellos previamente cosechado y el otro no, pudiéndose obtener datos en diferentes condiciones. La dinámica de las malezas se evaluó mediante el estudio observacional del porcentaje de cobertura total de malezas y se identificaron las especies presentes en un cuadrado de 30cm×30cm. Con los datos obtenidos se calcularon los parámetros frecuencia, diversidad y riqueza para analizar las diferentes propiedades por separado. Para la evaluación de herbicidas premergentes se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar donde los tratamientos fueron: S-metolaclor, flumioxazin + S-metolaclor, isoxaflutol + S-metolaclor, oxifluorfen + S-metolaclor. Se evaluaron las posibles interacciones con las cenizas y remoción de los primeros cm de suelo y cenizas. La densidad de malezas se evaluó caracterizando y cuantificando las malezas en un cuadrado de 30cm×30cm. En ambos predios el fuego mostró un aumento en la cantidad de emergencias de malezas. En la primera medición uno de los predios aumentó el porcentaje de enmalezamiento en un 11 %. En el predio con monte en pie no hubo grandes cantidades de malezas en ambos tratamientos debido a las condiciones generadas. No se constató interacción de la efectividad de los herbicidas por presencia de cenizas. Los resultados estuvieron relacionados con las especies presentes en el banco de malezas, no mostrando una tendencia clara entre los tratamientos herbicidas. El número de malezas/m<sup>2</sup> fue de aproximadamente 21 en el campo cosechado, y de 3 malezas/m<sup>2</sup> en el no cosechado. El incendio generó cambios en la expresión del banco de semillas del suelo. Este estudio fue un avance importante en la generación de conocimiento para la producción futura.

*Palabras clave:* fuego, cenizas, remoción, malezas, banco de semillas, herbicida premergente, dormición

## SUMMARY

The forest fires that occurred during summer 2021-2022 in Uruguay generated concern in several areas, including silvicultural systems. The fire could generate changes at the flora level by changes in the dormancy of soil bank seeds, and in the behavior of frequently used preemergent herbicides due to inactivation by ashes. These possible changes impose a challenge in connection to weed control. In this study, an attempt was made to provide an answer to the problem by evaluating the dynamics of weeds and the behavior of preemergent herbicides in post-fire Eucalyptus plantations. The evaluations were carried out in two sites previously burned, one of them previously harvested and the other one not, being able to obtain data in different conditions. The weed dynamics was evaluated through the observational study of the percentage of total weed cover and present species were identified in a square 30cm×30cm. With the data obtained, the parameters frequency, diversity and richness were calculated to analyze the different properties separately. Preemergent herbicides were evaluated in a randomized block experimental design. Proposed treatments were: S-metolachlor, flumioxazin + S-metolachlor, isoxaflutole + S-metolachlor, oxifluorfen + S-metolachlor. It were assessed for possible interactions with fire and removal of the first cm of soil and ashes. Weed density was evaluated by characterizing and quantifying how many weeds could emerge in a square 30cm×30cm. On both experiments the fire showed an increase in the weeds. In one experiment the weeding percentage increment was 64.9% to 54.3 %. In addition, in the non-harvested field there were no large amounts of weeds on both treatments due to the conditions that standing trees generated. The results of weed control did not show interaction between efficiency and ashes presence, and were related to the species present in the weed bank, not showing a clear trend among the herbicide treatments. The number of weed/m<sup>2</sup> was about 17-25 on the harvested field, and 3-4 weed|m2 on the non-harvested one. The fire generated changes in the expression at seed bank of soil. This study was an important development in the generation of knowledge for future production.

*Keywords:* fire, ash, removal, weeds, seed bank, pre-emergent herbicide, dormancy

## 1. INTRODUCCIÓN

Las plantaciones forestales en Uruguay han tenido un auge en los últimos años, siendo de gran importancia para el país. El sector forestal ocupa un total de 1.079.060 de ha efectivas (Oficina de Estadísticas Agropecuarias, 2021).

Las malezas generan competencia por recursos en los primeros años en las plantaciones forestales. En consecuencia, el uso de herbicidas se vuelve indispensable para un buen desarrollo de esta producción. Es de importancia conocer el manejo de malezas que se debe llevar a cabo en base a manejo integrado de malezas, incluyendo el control químico además del comúnmente usado control mecánico.

Es de público conocimiento que Uruguay en el verano 2021-2022 sufrió los peores incendios forestales registrados en la historia. El mismo azotó miles de hectáreas, generando pérdidas significativas. Este cambio que generó el fuego en el ambiente, modificó la cobertura del suelo, provocó alteraciones de temperaturas que pueden generar cambios en la dinámica de malezas. Esto provoca incertidumbre en cuanto a los enmalezamientos futuros.

El fuego históricamente jugó un papel dominante en la formación de muchas comunidades de plantas forestales. Genera un cambio en la interacción entre las poblaciones de especies, disminuyendo la abundancia de hierbas y la diversidad de las mismas (Burley, 2002). Hay reportes de predominancia de especies C4, tolerantes al fuego, viéndose afectada negativamente el número de especies C3 (López-Mársico et al., 2020).

Zedler (2007) como se cita en López-Mársico et al. (2020) menciona que el fuego puede favorecer la biodiversidad, por ejemplo, disminuyendo las limitaciones de las especies más pequeñas y de vida corta. Se reporta que se evita la pérdida de leguminosas, especies de semillas pequeñas y de bajo porte (Leach & Givnish, 1996 como se cita en López-Mársico et al., 2020).

El fuego genera cambios en la dinámica suelo-planta-atmósfera en las zonas afectadas, siendo esto una nueva área de investigación. Los niveles altos de temperaturas alcanzados pueden generar cambios pudiendo quebrar la dormancia de la comunidad del banco de semillas preexistente.

Por otra parte, la presencia de cenizas como resultado de esta situación atípica implica la posible pérdida de eficiencia de los herbicidas preemergentes frente a un nuevo mantillo a traspasar hasta llegar al suelo.

Con la finalidad de dar respuestas a estos posibles cambios generados por la condición de monte quemado, se plantearon dos experimentos, con objetivos distintos, los que se repitieron en dos sitios, donde habían ocurrido fenómenos de incendios.

Se plantearon como objetivos: a) evaluar la dinámica de malezas en áreas con y sin efecto del incendio en monte con árboles en pie y cosechado; b) evaluar la posible interacción de herbicidas preemergentes con la ceniza en áreas que sufrieron incendio.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS MALEZAS

Mortimer (1996) considera que toda planta que genere cambios desfavorables en la vegetación y en el ambiente de interés, es una maleza. Estas especies afectan el potencial productivo del lugar donde habitan y son consideradas dañinas para los sistemas de producción.

Una característica relevante de las malezas es las distintas formas de persistencia en el suelo de sus estructuras latentes. Permanece como semillas, rizomas, tubérculos o estolones. La vida media de las semillas varía con tendencia al aumento a una mayor profundidad de suelo. Las que permanecen en el banco de semilla tienen un mecanismo de dormancia que le brinda dos características ecológicas importantes: habilidad de resistir periodos de condiciones adversas; sincronización de los estadios con condiciones ambientales favorables maximizando la probabilidad del establecimiento de la plántula. Éstas evolucionan en diferentes tiempos hasta alcanzar la madurez reproductiva. La combinación de procesos ecológicos (cambio de hábitat) y evolutivos puede provocar que una especie se convierta en maleza. Otra característica importante de las malezas es la alta producción de semillas, a su vez le confiere la capacidad de ajustar el fenotipo a través de los caracteres morfológicos para una mejor respuesta fisiológica a las condiciones ambientales. El tamaño de planta a su vez no refleja el potencial de producción de semilla. Las poblaciones de malezas evolucionan, como consecuencia muchas de ellas han desarrollado resistencia a herbicidas (Mortimer, 1996).

### 2.2 ATRIBUTOS POBLACIONALES DE LAS MALEZAS

La población de malezas se puede caracterizar mediante atributos como: frecuencia, abundancia y diversidad.

La frecuencia, corresponde a el número de veces que se observa la maleza en el total de muestras realizadas.

“La diversidad de especies está definida como la variedad y abundancia de las especies de un sistema en estudio, es dividida en dos componentes básicos: la riqueza de especies y la equidad (o dominancia)” (Magurran, 2004 como se cita en Satorre et al., 2016, p. 48).

La riqueza corresponde al número de especies en la unidad de muestreo, y la equidad de especies relaciona riqueza con el atributo abundancia. “La equidad aporta más información sobre la estructura de la población que la riqueza por sí sola” (Satorre et al., 2016, p. 48).

La diversidad se mide a través de índices, los cuales caracterizan las variaciones en las poblaciones de malezas a causa de factores abióticos. Estos son “Riqueza de especies”, “Shannon” y “Equidad de Shannon”. El índice de Shannon caracteriza la diversidad de las especies tomando en cuenta la proporción de cada una sobre el total. El mismo adquiere valor mínimo 0 ( $H=0$ ) indicando una especie sola. Este índice aumenta con el aumento de especies. El índice de equidad de Shannon ( $H'$ ) mide la uniformidad de la comunidad vegetal, es decir en términos de abundancia que tan similar es la misma. Este, toma valores entre 0 y 1, donde 1 equivale a totalmente uniforme (Satorre et al., 2016).

### 2.3 EFECTOS DEL FUEGO EN LA COMUNIDAD VEGETAL

El fuego produce pérdidas a nivel ecológico, económico y social. Según el Sistema Nacional de Emergencia (SINAE, 2023), en Uruguay existe una legislación, Decreto n° 436/007 de 2007 que prohíbe la realización de fuegos y quemas desde el 1 de noviembre hasta la segunda quincena de abril. En esta temporada los riesgos de incendios son mayores. El decreto mencionado anteriormente, es una herramienta para la prevención, alerta y respuesta a los incendios forestales. En el mismo se obliga a mantener predios limpios, y tener precaución a la hora de usar fuegos artificiales.

Las condiciones favorables para el inicio y propagación del fuego ocurren cuando se da la combinación de al menos dos de los que se menciona a continuación: vientos por encima de los 30 km/h; temperatura por encima de los 30 °C; humedad relativa por debajo del 30%; más de 30% de pendiente (Velez, 2000). El periodo que abarca el decreto es cuando aumenta el riesgo de que ocurran las condiciones mencionadas. A medida que disminuye la HR, y aumenta la velocidad del viento, la peligrosidad aumenta (C. Munka, comunicación personal, 13 de noviembre, 2021). Además, según Gandullo y Blanco (2018), a las condiciones mencionadas anteriormente se le agrega el tipo de vegetación y las condiciones de este (contenido de agua, resinas, etc).

Existen varios tipos de incendios, ellos son incendios subterráneos, incendios superficiales e incendio de copas. El primero es un tipo de combustión lenta sin llama, que frecuentemente se da sobre residuos húmedos, matando a plantas y animales pequeños. El segundo es superficial, donde se quemana la base de los árboles, consumiendo la vegetación en la zona baja. Por último, el incendio de copas, es una combustión que se propaga rápido por las copas de los árboles (Gandullo & Blanco, 2018).

A nivel de ecosistema los incendios generan suelos desnudos a causa de perdida en la comunidad vegetal y formación de cenizas. También se genera un cambio en el hábitat y fuente de recursos alimenticios para los animales afectando las interacciones ecológicas biológicas (González et al., 2013). Se elimina competencia y por lo tanto se nota la distinta adaptación de las especies al fuego, las especies que sobreviven se benefician por la muerte de otras (Gandullo & Blanco, 2018).

El fuego también genera condiciones de mayor luminosidad y mayor disponibilidad de nutrientes en la parte inferior del estrato lo que favorece la rápida colonización de especies herbáceas. Sobre todo, especies de gramíneas que se extienden con facilidad (Gandullo & Blanco, 2018).

La presencia de fuego se considera una perturbación que da inicio al proceso de sucesión de plantas, generando zonas desiguales dinámicas de vegetación (Fuhlendorf et al., 2009 como se cita en López-Mársico et al., 2020).

Luego de la perturbación la comunidad tiende a volver al estado inicial rápidamente, puede haber un retomo hacia formaciones próximas al clímax. A medida que pasa el tiempo las poblaciones se vuelven más complejas y dinámicas. La mayoría de las especies presentes luego del incendio vienen de órganos de supervivencia (rizomas, cepas, bulbos, granos, etc.) o el aporte de semillas (Trabaud, 1998).

En efecto, cuando los incendios suceden con demasiada frecuencia pueden ocurrir cambios notables en las poblaciones vegetales, ciertas especies pueden incluso desaparecer. La evolución después del fuego de las comunidades está caracterizada por una relativa estabilidad, así como por

una adaptación de las especies para soportar las perturbaciones. La longitud de los intervalos entre fuegos sucesivos determina la permanencia de las especies y de las comunidades (Trabaud, 1998, p. 45).

#### 2.4 EL FUEGO Y LOS CAMBIOS QUE GENERA DE TEMPERATURA Y SU EFECTO EN LA DORMANCIA

Uno de los principales mecanismos de supervivencia de las malezas en ambientes constantemente perturbados es la alta producción de semillas y algún mecanismo de dormancia generando el denominado banco de semilla del suelo. La misma se caracteriza por la ausencia temporal de germinación, aun cuando se encuentren en condiciones adecuadas para su ocurrencia (Vivian et al., 2008). Es de importancia resaltar que existe otro mecanismo de supervivencia importante que son los órganos vegetativos. A través de estolones, bulbos, rizomas y tallos subterráneos, las herbáceas son capaces de rebrotar luego del fuego por la mala difusión del calor en el suelo (Mares et al., 2011).

La dormancia debe considerarse como una característica de la semilla, cuyo grado define qué condiciones deben cumplirse para que una semilla germine. La dormición solo está relacionada con los requisitos para la germinación, no con la cuestión de si estos requisitos se cumplen o no en el medio ambiente. La germinación puede considerarse como la respuesta de la semilla cuando se superponen los requisitos internos de germinación (estado de dormición) y los requisitos externos (condiciones ambientales) (Vleeshouwers et al. 1995, como se cita en Riemens et al., 2004).

La dormancia de las semillas representa una de las principales capacidades de las especies vegetales para garantizar su supervivencia y perpetuación, estando relacionada con la duración del ciclo y la rusticidad de la especie. La dormancia es un rasgo adaptativo que asegura lo mencionado anteriormente (McIvor & Howden, 2000).

La dormancia se clasifica en primaria o secundaria. La dormancia primaria (endógena) está relacionada a eventos internos de las semillas (embrión), las cuales no van a germinar bajo ninguna condición ambiental. Luego de romper esta dormancia, la semilla puede germinar si se presentan las condiciones ambientales que necesita. Si no están dadas las mismas pasan a presentar dormancia secundaria

(exógena) vinculada a características externas (tegumento, endospermo o barreras impuestas por el fruto). Este tipo de dormición puede prolongarse en el tiempo, hasta que se den las condiciones favorables para la germinación, denominándose ciclo de dormancia (Riemens et al., 2004; Vivian et al., 2008).

La dormición primaria ocurre en la planta madre, formación de la semilla; mientras que la secundaria se da luego de la dispersión, condiciones ambientales (Vivian et al., 2008).

Los factores ambientales que afectan el grado de dormancia secundaria no están completamente claros según Riemens et al. (2004), habiendo varias opiniones sobre cuales son. Sin embargo, la temperatura es el único que está comprobado que interfiere con este estado.

Hay estudios que afirman que solo el factor temperatura influye en la inducción y el alivio de la dormancia, regulando los cambios estacionales. Y no hay correlaciones claras con el contenido de humedad, nitrato del suelo, o calidad de luz. Los últimos factores afectan solo a la germinación junto con la temperatura (Riemens et al., 2004).

Bouwmeester et al. (1993), como se cita en Riemens et al. (2004), comentan que el factor temperatura se pueden distinguir y combinar con otros factores que estimulan la germinación, como la luz. La influencia de estos factores varía entre especies.

Otros estudios afirman que el factor temperatura junto a la disponibilidad de agua, infieren en el grado de dormición de la semilla. Sin embargo, la temperatura es el requisito principal para superar la dormición, que puede influenciar en los flujos anuales de infestación según la especie, dependiendo de la temperatura y el manejo del suelo (Vivian et al., 2008).

Según Matilla (2008) las condiciones que pueden eliminar la dormición secundaria son: la temperatura y potencial hídrico principalmente, sumado la luz y  $\text{NO}_3$ .

La dormición afecta la longevidad del banco de semillas. A mayor desarrollo de dormición mayor persistencia del banco de semillas del suelo. Esto permite que la semillas permanezcan viables durante meses/años en el suelo hasta

que alguna condición ambiental actúe sobre los mecanismos fisiológicos que desencadenan la germinación (Vivian et al., 2008).

En ausencia de reintroducción de semillas en el sitio, la persistencia de la infestación de malezas depende exclusivamente del contenido del banco de semillas y la longevidad natural de la especie (Omami et al., 1999 como se cita en Vivian et al., 2008).

Existen cinco tipos de dormancia según Matilla (2008), fisiológica, morfológica, morfofisiología, física y una combinación de las últimas dos. El tipo de dormición más frecuente es el fisiológico, este se divide en profunda y no profunda. La dormancia morfológica es en base al crecimiento del embrión, la cual finaliza cuando el mismo se ha desarrollado con éxito. Cuando la causa de dormición es un componente fisiológico y una anomalía en el embrión se denomina morfofisiológico. Por último, la dormición física se debe a la impermeabilidad de la cubierta seminal.

Las semillas poseen la capacidad de detectar un incendio, romper la dormancia y germinar. Son sensibles a el calor, o productos químicos producidos durante la combustión de la materia orgánica (cenizas, humo y carbones) (Pausas et al., 2022). Las especies pueden tener dos mecanismos para romper la dormancia: por humo o por calor (Pausas & Lamont, 2022 como se cita en Pausas et al., 2022). La dormancia física está relacionada con el calor, mientras que la fisiológica se relaciona con el humo, aunque algunas semillas pueden responder a ambas señales. (Pausas et al., 2022).

Para levantar la dormición de las especies se emplean distintos tratamientos, uno de ellos es la utilización de calor. Consiste en calor seco (estufa) y agua caliente. Se suelen emplear temperaturas entre 50-100°C y diferentes tiempos, según la mayor o menor dureza de las cubiertas seminales (Pérez & Pita, 1999).

La mayor parte de las malezas, suelen presentar diversos mecanismos de dormición que hacen posible la dispersión en el tiempo, pueden permanecer viables y enterradas en el suelo, durante largos periodos (Pérez & Pita, 1999).

Según Pérez y Pita (1999), “tanto el tipo de dormición que presenta una semilla como los factores naturales que eliminan progresivamente esta dormición,

están estrechamente ligados con el hábitat en el cual se desarrolla la especie” (p. 12).

## 2.5 INFLUENCIA DE MALEZAS EN PLANTACIONES FORESTALES

La producción forestal se ve afectada por la competencia de malezas desde el desarrollo de plantín en vivero hasta su implantación en el campo y sus primeros años de vida. Es necesario conocer los factores y el momento más propicio de control para evitar que se establezca la interferencia de las malezas con el cultivo. El momento más oportuno es en las primeras etapas de crecimiento, cuando es relevante la competencia por agua y nutrientes. Si las malezas alcanzan el estadio reproductivo, la competencia ya fue dada y solo competirá por luz (Amaro, 1996).

La competencia dada entre las malezas y la plantación finaliza con el cierre de copas de los árboles (aproximadamente 12 meses). A partir de ese momento, el sombreado disminuye la germinación y establecimiento de malezas (Villalba, 2010).

Para Amaro (1996), en Uruguay existen dos picos marcados de crecimiento vegetal, otoño y primavera, siendo épocas de mayor influencia de malezas. En meses donde hay escasa evapotranspiración y altas temperatura, se debe controlar para que el agua y los nutrientes no sean limitantes en la plantación objetivo.

Un factor importante que va a predecir las malezas existentes y por lo tanto el momento de control va a ser el historial de la chacra, ya que va a determinar el banco de semillas presentes. El grado de enmalezamiento y el tipo de malezas se ve reflejado por el uso anterior de la tierra. Los tipos de plantación, y la densidad de cultivo tienen mucha influencia en la aparición y supervivencia de malezas. Cuanta más densidad de plantación del monte forestal, menos posibilidad de aparición y supervivencia de malezas, por efecto del propio sombreado de la plantación, aunque esto no se evidencia inicialmente. Un material genético que determine una buena calidad de plantín (con buen vigor y desarrollo radicular) favorece la superación de la competencia ante las malezas (Amaro, 1996).

El historial de la chacra puede ser de origen agrícola, campo natural (sin perturbaciones) o segundo turno forestal. En el caso de provenir de un predio de

agricultura, las especies presentes son de elevada agresividad, con gran producción de semillas y alta competitividad y en algunos casos se asocia a engramillamientos. Por otra parte, en suelos sin perturbar, las especies predominantes son gramíneas nativas, de baja agresividad. Por último, en plantaciones de segundo turno las malezas predominantes dependen del banco de semillas de suelo y es frecuente también, la presencia de especies arbustivas (Villalba, 2010).

## 2.6 EFECTO DE LAS CENIZAS EN EL COMPORTAMIENTO DE HERBICIDAS PREMERGENTES

Los herbicidas más utilizados para forestación en pre-plantación o periodo inmediato a la plantación, son los herbicidas premergentes. En ellos se busca controlar las malezas por un tiempo determinado, dado por la residualidad de los mismos. Los premergentes buscados son los que presentan alta selectividad y son de amplio espectro de control, que cubren la mayor cantidad de especies (Villalba, 2010).

La aplicación de los premergentes debe ser realizada sin presencia de malezas, ya que estos herbicidas solo actúan durante la germinación de semillas o inmediatamente después de la emergencia, no controlando las malezas ya nacidas (Kogan & Pérez, 2003). Si hay presencia de malezas nacidas se combina este tipo de herbicidas con post-emergentes, los cuales sirven para el control de estas (ej: glifosato)

Dos de los aspectos más importantes a considerar a la hora de usar herbicidas premergentes es la humedad del suelo y la cobertura de la superficie. Los herbicidas deben de aplicarse en suelos húmedos para que tengan cierta movilidad en los primeros 5 cm del suelo. En cuanto a la cobertura de la superficie, los restos secos y cenizas pueden generar una disminución en la eficiencia de este tipo de herbicidas (Espinoza & Mera, 2016).

Los herbicidas premergentes no controlan malezas con reproducción vegetativa, controlan principalmente malezas provenientes de semillas (Espinoza & Mera, 2016).

La presencia de cenizas en el suelo y el tipo de suelo tiene efecto sobre la adsorción de los herbicidas premergentes. Así fue constatado para los herbicidas

pretilaclor y sulfosulfuron, quienes presentaron resultados positivos a adsorción por el contenido de ceniza (Kumar & Singh, 2020).

Según Kumar y Singh (2020), el efecto de la ceniza sobre la adsorción del herbicida resultó mayor en el suelo franco arenoso que en el suelo franco arcilloso, lo que sugiere el enmascaramiento de las partículas de ceniza. La adsorción de herbicidas sobre la mezcla de suelos y suelo + cenizas, no fue lineal, y se ajustó a la isoterma de adsorción de Freundlich. El aumento de la adsorción se comprobó que, en el caso estudiado de paja de trigo y paja de arroz, se dio por los carbones no quemados sobre la superficie, y aumentó frente a un incremento de temperatura.

La mezcla de suelo+cenizas, por otra parte, generó cambios en el pH del suelo, afectando la adsorción del pretilaclor (Kumar & Singh, 2020).

El incendio trae como consecuencia la combustión de la materia orgánica lo cual aporta minerales en sus cenizas. Estos producen un incremento del stock de nutrientes (fertilidad del suelo) el cual es aprovechado principalmente por plantas herbáceas las cuales tienen una alta capacidad de respuesta (Gandullo & Blanco, 2018).

Por otra parte, las cenizas generan una reducción de las poblaciones microbianas, lo cual puede afectar la degradación de los herbicidas (Glass & Thurston, 1978).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se llevó a cabo en predios de propiedad de la empresa Forestal Oriental en los departamentos de Paysandú y Río Negro, Uruguay. Los sitios fueron “Mafalda oeste” sobre la ruta 24 km 40, Río Negro. El segundo sitio fue el predio “La Merced” ubicado sobre la ruta 90 km 57, próximo al pueblo de Orgoroso, Paysandú.

Ambos sitios sufrieron el incendio a partir del 29 de diciembre 2021 hasta enero 2022. La instalación en el predio “Mafalda Oeste” se realizó el 24 de marzo de 2022 y en “La Merced” el 30 de marzo del mismo año.

En “Mafalda Oeste” se condujo el trabajo en una zona que había sido cosechada previo al incendio, aun sin plantar. Los ensayos se realizaron en dos áreas contiguas, una con incendio y otra sin, con edades y tratamientos previos similares (igual especie, fechas de plantación y tratamientos silviculturales).

En “La Merced” los ensayos fueron realizados en monte en pie. La zona con incendio y sin incendio se encontraban también contiguas.

La metodología de cada experimento y especificaciones de cada sitio se detallan a continuación.

#### 3.1 EXPERIMENTOS: EVALUACIÓN DINÁMICA DE MALEZAS

La dinámica de emergencia de malezas se evaluó para áreas con tratamientos diferentes, con y sin incendio.

Se detallan para cada predio el diseño experimental y determinaciones, ya que hubo diferencias entre sitios.

##### 3.1.1 Mafalda Oeste

El trabajo consistió en un estudio observacional de 3 repeticiones, con tamaño de parcela de 36 x 2 m, que se ubicó en la entrefila del monte cosechado.

Las determinaciones realizadas fueron presencia y emergencias de malezas en un cuadro de 30 x 30 cm, arrojado al azar 18 veces por repetición. Las fechas de evaluación fueron, a los 0,11, 21, 36, 44 y 74 días desde la instalación (DDI).

Dentro de cada cuadro se cuantificó el porcentaje de cobertura de malezas total y por especies presentes.

Para analizar las mediciones que se observaron a campo se calcularon los parámetros diversidad, y frecuencia. Para este último se utilizó como criterio la selección de las especies que estuvieron presente al menos 4 veces o más, del total de las tiradas (18) de cada repetición. Para resumir la información de cada fecha, se promedió la base de datos de las 18 mediciones dentro de cada repetición (3). Finalmente se promediaron las repeticiones dentro de cada fecha.

### 3.1.2 La Merced

El trabajo consistió en un estudio observacional de 3 repeticiones, con tamaño de parcela de 10 x 2m, que se ubicó en la entrefila de la plantación existente.

Las determinaciones que se realizaron fueron presencia y emergencias de malezas en un cuadro de 30 x 30 cm, arrojado al azar 6 veces por repetición. Las fechas fueron 7; 15; 27; 37; 47; 67 días desde la instalación (DDI). A diferencia del predio anterior no se llevo a cabo una medición a los 0 DDI.

Dentro de cada cuadro se cuantificó el porcentaje de cobertura de malezas total y por especies presentes.

Al igual que el predio “Mafalda Oeste”, se calcularon los parámetros diversidad y frecuencia. Para el cálculo frecuencia, en este caso, el criterio fue seleccionar aquellas especies que al menos estuvieron presentes en dos o más cuadrados en cada repetición. Para resumir la información de cada fecha, se promedió la base de datos de las mediciones (6) dentro de cada repetición (3). Finalmente se promediaron las repeticiones dentro de cada fecha

### 3.1.3 Análisis estadístico

Se utilizó un modelo estadístico lineal:  $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$  para la comprobación de las hipótesis. Las hipótesis estadísticas consideradas fueron: hipótesis nula no existe diferencia significativa entre tratamientos, hipótesis alterna, si existe diferencias significativas entre ambos tratamientos. El sub índice “i” toma valores 1 o 2 siendo los tratamientos con o sin incendio, mientras que “j” equivale

a las repeticiones (tomando valores de 1,2,3). Los supuestos del modelo son: que es correcto y es aditivo. Con respecto a los errores:  $\varepsilon_{ij} \text{ va} \sim N$ ,  $E(\varepsilon_{ij}) = 0$  para todo  $i, j$ ,  $V(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2$  para todo  $i, j$  y son independientes.

Como se mencionó en la revisión bibliográfica la diversidad se expresa a través de la riqueza, el índice de Shannon y el índice de equitatividad.

La fórmula del índice de Shannon es:  $H = -\sum_{k=1}^k p_i \times \log(p_i)$ ;  $p_i$  = proporción por especie/promedio en % de enmalezamiento. El índice de equitatividad (EH) equivale a  $H/\log(k)$ , donde  $k$  es la riqueza. Por último, la riqueza corresponde al número total de especies. Para el estudio de estos índices se realizó un análisis de varianza dentro de cada fecha en los distintos predios, mostrando la significancia estadística o no entre el tratamiento con incendio o sin incendio.

### 3.2 EXPERIMENTOS: EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE HERBICIDAS PREMERGENTE.

#### 3.2.1 Metodología de instalación

Los experimentos en “Mafalda Oeste” fueron instalados en 2 zonas (con incendio y sin incendio), en cada una se generaron 2 condiciones, con remoción de superficie (se retiraron entre 3 y 5 cm de cenizas y suelo) y sin remoción. Dentro de cada condición se estableció un diseño de bloques completos al azar con 6 repeticiones. Los tratamientos que se evaluaron fueron los que se presentan en la tabla 1. El tamaño de parcela donde se aplicaron los tratamientos de herbicidas fueron de 8 x 1m, ubicadas en la fila para la próxima plantación.

En el establecimiento La Merced, solo se realizó la evaluación de herbicidas en zona con incendio, donde también se dividió el área con remoción y sin remoción de suelo y donde se estableció un diseño de bloques completos al azar con 6 repeticiones. La parcela se ubicó en la entrefila de la plantación, con un tamaño de 8 x 2m.

Los tratamientos de herbicidas en ambos establecimientos fueron aplicados el 6 de abril del 2022.

La aplicación de los tratamientos de herbicidas fue realizada con una mochila eléctrica con un baral de 1 metro de ancho operativo. Se calibró la

herramienta previa a su uso asegurando una diferencia menor al 10% entre boquillas para un volumen de aplicación de 150 L/ha.

Ambas áreas experimentales recibieron la aplicación de glifosato (1800 g. e.a./ha).

**Tabla 1**

*Descripción y dosis de herbicidas preemergentes usados*

No tratamiento.	Herbicidas	Dosis en ingrediente activo/ha
1	S- metolaclor	2016 g
2	Flumioxazin + S- metolaclor	144 g + 1344 g
3	Isoxaflutole + S- metolaclor	225 g + 1344 g
4	Oxifluorfen + S- metolaclor	480 g + 1344 g

La determinación del comportamiento de herbicidas preemergentes se evaluó a través de la cuantificación de emergencias de malezas, donde se utilizó un cuadro de 30 x 30 cm lanzado 3 veces al azar en cada parcela. Las fechas evaluadas fueron 8, 23, 31, 41, 61 y 82 días post aplicación (DPA) en el establecimiento “Mafalda Oeste” y a los 8, 20, 31, 41 y 61 DPA en el predio “La Merced”.

### 3.2.2 Análisis estadístico

En el predio “Mafalda Oeste” se utilizó un modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijkl} = \mu + R_i + I_j + (RxI)_{ij} + B_k + (RxI)_{ij} + H_l + (RxH)_{il} + (IxH)_{jl} + \varepsilon_{ijkl}.$$

El sub índice “i” toma valores 1 o 2 siendo los tratamientos con o sin remoción, mientras que “j” equivale a zonas con o sin incendio (tomando valores de 1,2). Los subíndices “k” equivalen a la cantidad de bloques (tomando valores de 1,2,3,4,5,6), y “l” equivale a la cantidad de tratamiento de herbicidas utilizado (valores de 1,2,3,4). Los supuestos del modelo son: que es correcto y es aditivo. Con respecto a los errores:  $\varepsilon_{ij}$  va  $\sim N$ ,  $E(\varepsilon_{ij}) = 0$  para todo i, j,  $V(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2$  para todo i, j y son independientes.

En el predio “La Merced” se utilizó un modelo estadístico lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + R_i + B_j(R_i) + H_k + (RH)_{ik} + \varepsilon_{ijk}.$$

El sub índice “i” toma valores 1 o 2 siendo los tratamientos con o sin remoción, mientras que “j” equivale a la cantidad de bloques (tomando valores de 1,2,3,4,5,6), y “k” equivale a la cantidad de tratamiento de herbicidas utilizado (valores de 1,2,3,4). Los supuestos del modelo son: que es correcto y es aditivo. Con respecto a los errores:  $\varepsilon_{ij}$  va  $\sim N$ ,  $E(\varepsilon_{ij}) = 0$  para todo i, j,  $V(\varepsilon_{ij}) = \sigma^2$  para todo i, j y son independientes.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 EVALUACIÓN DINÁMICA DE MALEZAS

Como se mencionó en metodología, la evaluación de dinámica de malezas se midió a través de tres parámetros, los que serán presentados para cada predio.

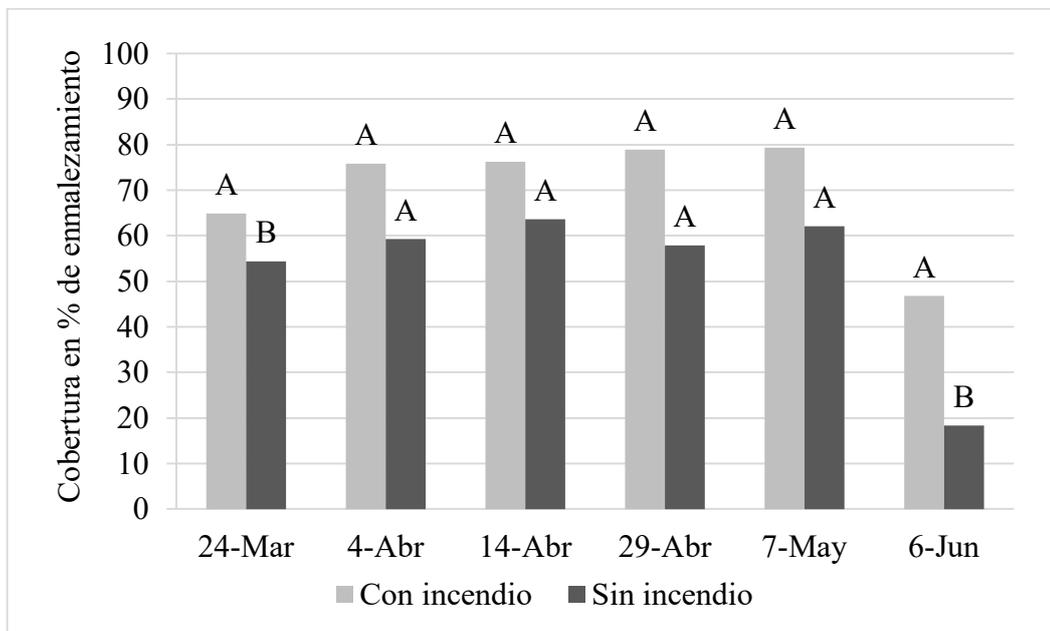
#### 4.1.1 Mafalda oeste

La cobertura de malezas a lo largo de las mediciones fue variando, observándose que la zona que sufrió incendio siempre presentó un porcentaje mayor de enmalezamiento, habiendo diferencias significativas solo a los 0 DDI y 74 DDI.

El mayor enmalezamiento en la zona incendiada puede estar explicado por las malezas del banco de semillas en suelo. Esto asociado a la temperatura que generó el incendio, actuando sobre el mecanismo fisiológico de las mismas desencadenando el quiebre de dormancia como mencionan Vivan et al. (2008). Otra causa puede ser la diferencia de microclima que se generó en ambos tratamientos, en con incendio, no presentó impedimentos para la germinación como en sin incendio (presencia de rastrojo). Como muestra la figura 1, a los 0 DDI (aproximadamente 3 meses post incendio) se visualizaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, mostrando que el efecto incendio perduro en el tiempo, reflejado a través de un mayor enmalezamiento inicial. En las posteriores mediciones hasta el 7 de mayo, las diferencias no fueron estadísticamente significativas, mostrando que la dinámica de malezas es resultado de un proceso complejo, donde la ocurrencia de incendio no generó diferencias en la proporción de enmalezamiento. El 6 de junio, aproximadamente 6 meses luego del incendio, la diferencia entre los tratamientos vuelve a ser significativa, disminuyendo bruscamente la proporción de enmalezamiento. Esto explicado porque las malezas presentes eran en gran proporción estivales y llegado al mes de junio, éstas culminaron su ciclo predominando la emergencia de especies invernales.

**Figura 1**

Cobertura en % de enmalezamiento a lo largo de las mediciones en predio “Mafalda Oeste”



Nota. 0, 11; 21; 36; 44; 74 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan efecto dentro de fechas, Tukey 0.05.

A continuación, se presentan los atributos poblacionales, mencionados en metodología.

En primer lugar, se presentan en las tablas 2 y 3 los resultados correspondientes al atributo poblacional frecuencia, en base a el criterio mencionado en materiales y métodos, para cada fecha de evaluación. Se observa en ambos tratamientos, que el *Cynodon dactylon* estuvo presente en el total de las fechas, exceptuando la última medición en con incendio. Seguido por *Dichondra microcalyx* la cual estuvo presente en todas las fechas. En conjunto conformaron la mayor frecuencia del total de especies seleccionadas (tablas 2 y 3), a causa de su hábito de crecimiento estolonífero, el cual es un órgano de sobrevivencia según como mencionaba Trabaud (1998). La frecuencia de estas especies no provino del banco de semilla, sino que fueron capaces de resistir en el incendio. Luego su forma de vida hizo que pudiera colonizar nuevamente el área que se encontraba descubierta.

La especie C3, *Dichondra microcalyx* aumentó su frecuencia en el tratamiento con incendio, y la especie C4 *Cynodon dactylon*, mantuvo su frecuencia, no coincidiendo con lo mencionado por los autores López-Mársico et al. (2020), lo cual puede estar dado por su alta agresividad y su gran capacidad de adaptabilidad. En el anexo puede verse una tabla comparativa de frecuencia entre tratamiento con y sin incendio.

**Tabla 2**

*Frecuencia por especies seleccionadas en el tratamiento sin incendio en el predio “Mafalda Oeste”*

Fecha	<i>Dichondra microcalyx</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Echinochloa colona</i>	<i>Cyperus</i> spp	<i>Sida</i> spp	<i>Solanum sisymbriifolium</i>
24-Mar	0,24	0,63	0,07	0,11	0,00	0,00
4-Abr	0,59	0,73	0,29	0,35	0,28	0,07
14-Abr	0,35	0,75	0,22	0,24	0,09	0,00
29-Abr	0,33	0,70	0,29	0,11	0,09	0,00
7-May	0,29	0,81	0,15	0,13	0,15	0,00
6-Jun	0,16	0,09	0,00	0,16	0,00	0,00

*Nota.* Fechas correspondientes a 0, 11; 21; 36; 44; 74 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición.

**Tabla 3**

*Frecuencia por especies seleccionadas en el tratamiento con incendio en el predio “Mafalda Oeste”*

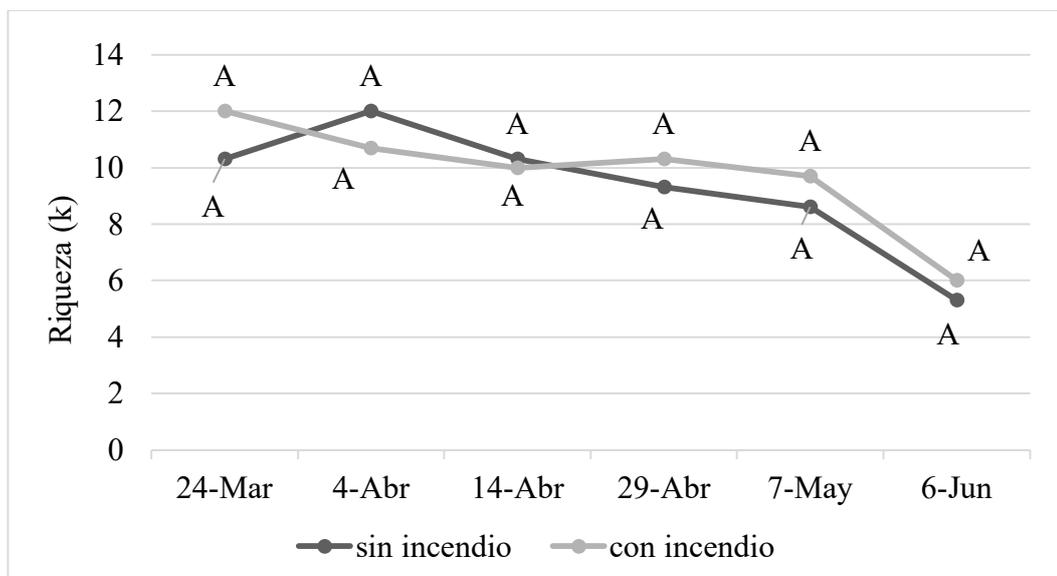
Fecha	<i>Dichondra microcalyx</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Echinochloa colona</i>	<i>Cyperus</i> spp	<i>Sida</i> spp
24-Mar	0,42	0,79	0,09	0,00	0,00
4-Abr	0,52	0,72	0,21	0,00	0,00
14-Abr	0,55	0,72	0,09	0,09	0,09
29-Abr	0,55	0,68	0,00	0,00	0,07
7-May	0,55	0,75	0,00	0,15	0,00
6-Jun	0,70	0,00	0,00	0,07	0,00

*Nota.* Fechas correspondientes a 0, 11; 21; 36; 44; 74 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición.

Continuando con los atributos poblacionales, la diversidad en primera instancia se explica por el parámetro riqueza, figura 2, recordando que indica el número de especies en la unidad de muestreo, no mostró diferencias estadísticamente significativas a lo largo de las mediciones dentro de cada fecha. Esto demostró que el incendio no generó un cambio en la riqueza. Desde el 24-marzo hasta el 14-abril se comportó desigual en ambos tratamientos no existiendo una tendencia clara por efecto del fuego. A partir del 29-abril (4 meses post incendio) ambos tratamientos comenzaron a disminuir la riqueza, indicando la pérdida de especies dado por los ciclos de vida de las mismas. A pesar de que no se encontrar diferencias estadísticamente significativas dentro de cada fecha, el efecto incendio presentó un mayor valor absoluto en el número de especies. El leve aumento (sin diferencias estadísticamente significativas) de riqueza en la zona con incendio era de esperar según lo que concluyó Zedler (2007) como se cita en López-Mársico et al. (2020), el cual dice que el fuego puede favorecer la biodiversidad, por ejemplo, de especies más pequeñas.

**Figura 2**

*Evolución del parámetro riqueza a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “Mafalda Oeste”*



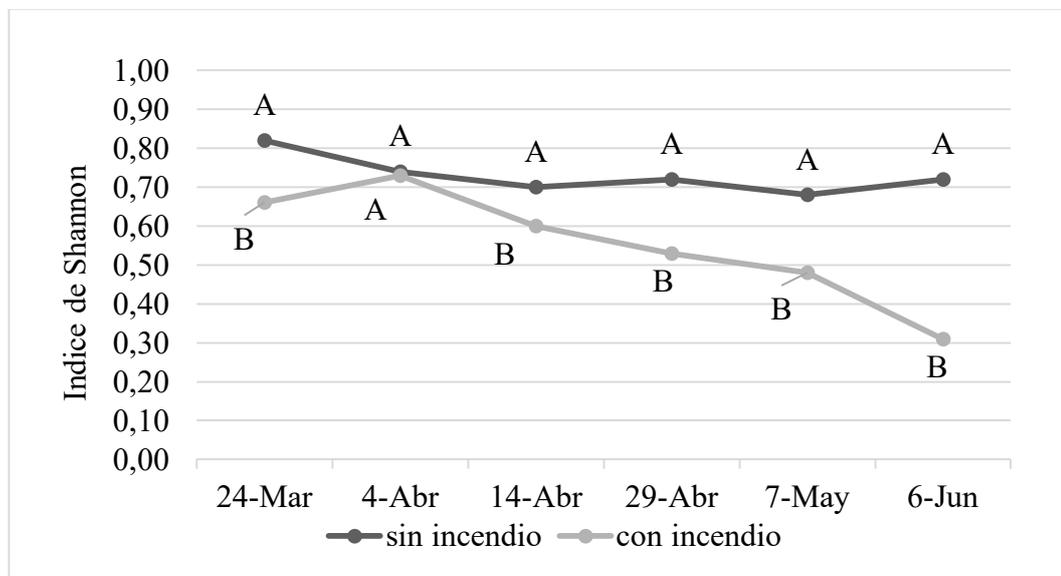
*Nota.* 0, 11; 21; 36; 44; 74 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

El índice de Shannon, indicador de diversidad, se presenta en la figura 3, mostrando que no se mantuvo la misma tendencia en las dos situaciones. En la condición de incendio el índice de Shannon fue menor, teniendo diferencias estadísticamente significativas en todas las mediciones exceptuando a los 11 días desde la instalación (3 meses post incendio) el cual indicó igual diversidad. Luego de la fecha mencionada anteriormente, el índice comienza a disminuir. En contraposición el área donde las condiciones no sufrieron modificaciones por el fuego, mostró cierta estabilidad, teniendo un rango de variación de 0,14, mostrando una mayor diversidad.

La menor diversidad de la zona con incendio pudo estar dada porque el fuego generó suelo desnudo, causando una pérdida de comunidad vegetal y formación de ceniza como mencionan los autores González et al. (2013). La intensidad y duración del fuego pudo haber causado daño irreparable en el banco de semillas, sumándose las escasas precipitaciones, no favoreciendo el proceso de germinación. Por lo tanto, no se dio la sucesión vegetal esperada, y la diversidad fue menor.

**Figura 3**

*Índice de Shannon a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “Mafalda Oeste”*



*Nota.* 0, 11; 21; 36; 44; 74 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

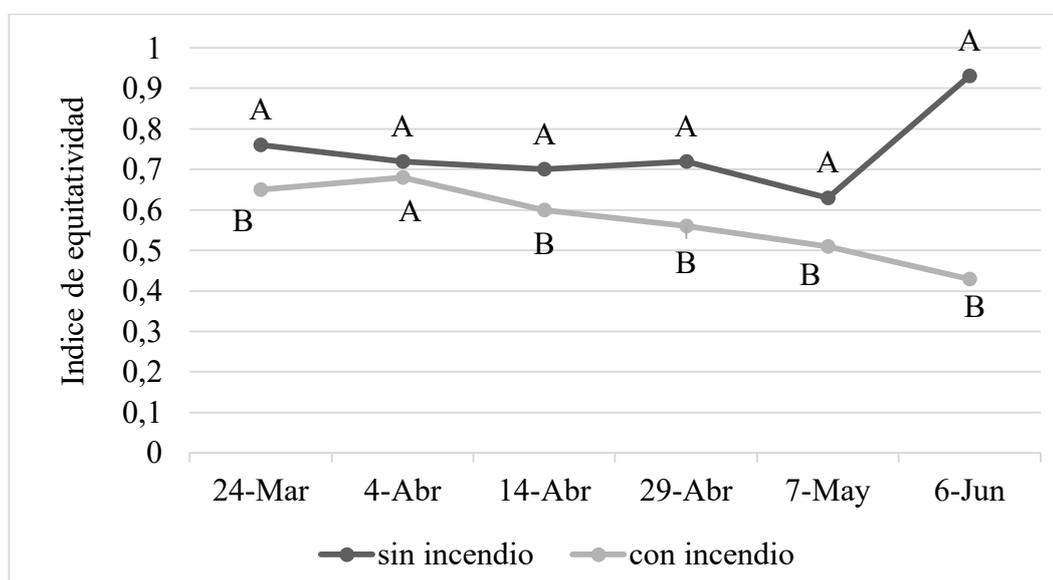
En la figura 4 se observa el comportamiento del índice de equitatividad, ultimo indicador de diversidad, el cual a diferencia del índice anterior toma en cuenta la riqueza. El tratamiento sin incendio mostró un mayor índice de equitatividad a lo largo de las mediciones teniendo diferencias estadísticamente significativas, exceptuando a los 11 días desde la instalación. Esto explica una mayor uniformidad. De lo contrario el tratamiento con incendio obtuvo menor índice manteniendo una tendencia de disminución a lo largo de las fechas luego del 14 de abril.

Para ambos tratamientos en la primera medición no se encontró una total uniformidad. Esto pudo estar dado a una perturbación previa al incendio (cosecha) la cual generó un ambiente de luminosidad, donde las malezas encontraron condiciones para competir y sobrevivir. Es por esto que la competencia generó que las abundancias de las especies fuera no similar. El tratamiento sin incendio presentaba rastrojo proveniente de la cosecha, lo cual a pesar de la luminosidad generaba un impedimento en la germinación de malezas y por lo tanto en la

competencia de estas. Esto además explico mayor índice de equitatividad a lo largo de las mediciones en el tratamiento sin incendio. En el tratamiento sin incendio la última medición tendió a la uniformidad. La causa de esto, pudo ser que algunas de las especies de malezas comenzaron a disminuir su frecuencia (hasta desaparecer) a causa de un cambio de la estacionalidad, quedando pocas de igual agresividad, no predominando una sobre la otra. El incendio por otra parte, junto con la buena condición de luz favoreció algunas de las especies, aumentando su frecuencia siendo estas más agresivas. Este tratamiento tuvo una menor diversidad, las especies presentes fueron desiguales en términos de agresividad o tuvieron distinta adaptabilidad al incendio. En consecuencia, el índice de equitatividad disminuyó, ya que considero el total de especies.

#### Figura 4

*Índice de equitatividad a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “Mafalda Oeste”*



*Nota.* 0, 11; 21; 36; 44; 74 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

En el tratamiento sin incendio se dio una disminución de la riqueza en la última medición (6 de junio), junto con la cual se dio un aumento notorio en la equitatividad (uniformidad) mientras que Shannon se mantuvo. Las especies de malezas que quedaron tuvieron una competencia estable demostrado por el índice

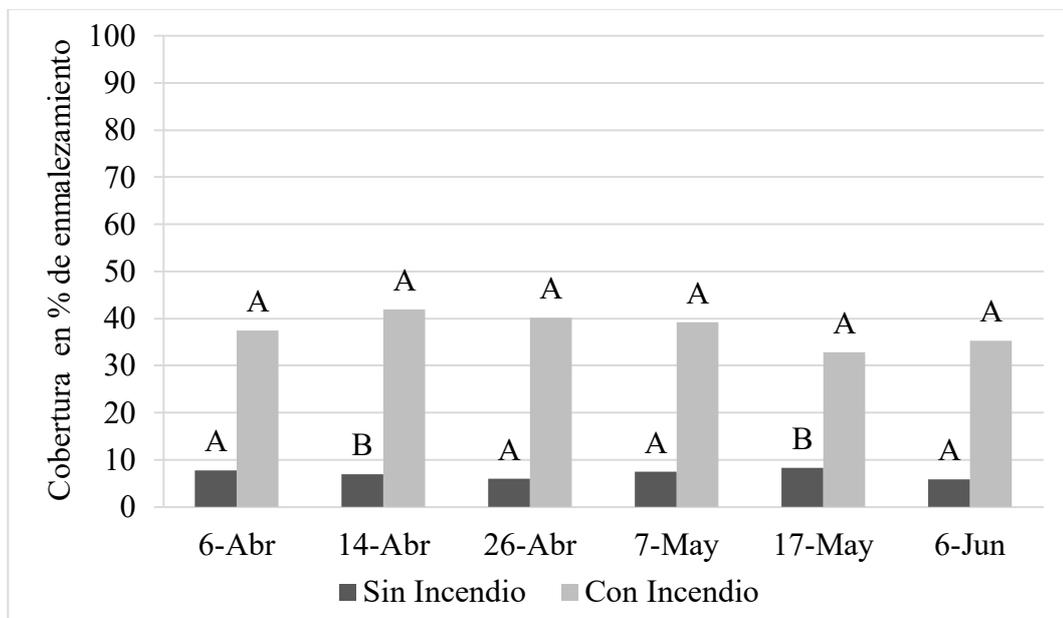
de equitatividad, dado por la barrera física que estas tenían (rastrojo). En el tratamiento con incendio la disminución de la riqueza concuerda con una disminución al índice de Shannon (menor diversidad) y índice de equitatividad en menor medida.

#### 4.1.2 La Merced

El porcentaje de enmalezamiento a lo largo de las mediciones en el predio “La Merced” fue menor al predio “Mafalda Oeste” manteniendo la misma tendencia. El tratamiento con incendio presentó tendencia a un mayor enmalezamiento en la mayoría de las mediciones en comparación al tratamiento sin incendio. El menor porcentaje de enmalezamiento se explicó por las condiciones que generó el rodal en pie, a nivel de sombra y recursos que dificultaron la emergencia y crecimiento de las malezas. En la zona sin incendio, adicionalmente el mantillo forestal contribuía a ser una barrera física, que no permitía el establecimiento de nuevas emergencias y tampoco la expansión de las presentes malezas. Por la cantidad de cenizas presente en el predio se asumió que la intensidad del incendio fue alta, pudiendo haber causado un daño irreparable en el banco de semillas. En consecuencia, a pesar de la eliminación de la barrera física que implicaba el mantillo, el porcentaje de malezas fue bajo. La zona sin incendio presentó en la medición del 14-abril y 17-mayo diferencias estadísticamente significativas, lo cual pudo ser causado por la exactitud del método de evaluación, dado el bajo porcentaje de enmalezamiento.

**Figura 5**

Cobertura en % de enmalezamiento a lo largo de las mediciones en predio “La Merced”



Nota. 7; 15; 27; 37; 47; 67 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan efecto dentro de fechas, Tukey 0.05.

A continuación, se presentan los atributos poblacionales. En la tabla 4 se presentan los resultados correspondientes a frecuencia, en base a el criterio mencionado en materiales y métodos y para cada fecha de evaluación. Las especies seleccionadas que tuvieron mayor frecuencia en el tratamiento con incendio fueron: *Cyperus* spp, *Richardia Brasilensis*, y *Gallium aparine*.

A lo largo de la medición se observó la predominancia de *Cyperus* spp y *Richardia brasilensis* en todas las fechas. Estas dos especies sobrevivieron a la perturbación. La causa, en el caso de *Richardia brasilensis* fue su hábito de vida, como la presencia de raíces gemíferas. El *Cyperus* spp mantuvo su existencia a causa de un gran número de semillas en el banco y a su sobrevivencia a través de bulbos y rizomas.

Se pudo observar que en la última evaluación la frecuencia de las especies disminuyó, correspondiendo con la época en la que se realizó el ensayo (entrando al invierno).

No se calculó frecuencia para el tratamiento sin incendio en ninguna de las fechas dado que las especies presentes no cumplieron con el criterio de selección

(no estuvieron presentes en dos o más mediciones en cada repetición), siendo casi nula la presencia de malezas. Se demostró en este tratamiento que la presencia de malezas fue de menor frecuencia, y predominaron especies diferentes al tratamiento con incendio. Las especies en sin incendio de mayor frecuencia fueron: *Cynodon dactylon*, *Oxalis* spp, *Solanum* spp, *Juncus* spp, *Cyperus* spp.

Los ambientes donde se llevaron a cabo las evaluaciones (con incendio/sin incendio) fueron diferentes, por lo tanto, no se pudo comparar el comportamiento de las malezas entre zonas. En el tratamiento con incendio las copas eran ralas permitiendo un mayor pasaje de luz y además no había presencia de rastrojo. En el tratamiento sin incendio las condiciones eran las típicas de un rodal en pie: presencia de rastrojo, buena densidad de copa.

El rodal en pie explico la menor frecuencia de especies de malezas en comparación al predio “Mafalda Oeste”. El ambiente que se generó no fue favorable para la germinación de malezas, ya que el cierre de copa causó una limitación de luz condicionante del establecimiento, como mencionó Villalba (2010).

En el tratamiento con incendio se observó mayor frecuencia en comparación a sin incendio, dado por copas ralas que permitieron el pasaje de luz y pérdida de rastrojo (presencia de cenizas). El fuego generó condiciones de mayor luminosidad y disponibilidad de nutrientes lo cual fue favorable para la colonización de especies herbáceas (Gandullo & Blanco, 2018). Las cenizas generaron un stock de nutrientes que las malezas fueron capaces de aprovechar como mencionaban Gandullo y Blanco (2018).

**Tabla 4**

*Frecuencia por especies seleccionadas en el tratamiento con incendio en el predio “La Merced”*

Fecha	<i>Cyperus</i> spp	<i>Richardia</i> <i>brasiliensis</i>	<i>Gallium</i> <i>aparine</i>
6-Abr	0,50	0,48	0,00
14-Abr	0,54	0,61	0,17
26-Abr	0,55	0,61	0,11
7-May	0,50	0,50	0,11
17-May	0,55	0,50	0,11
6-Jun	0,28	0,44	0,00

*Nota.* Fechas correspondientes a 7; 15; 27; 37; 47; 67 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición.

Continuando con los atributos poblacionales, se presentan en las figuras 6, 7 y 8 la diversidad.

Se observa en la figura 6, que para el parámetro riqueza no existió una tendencia clara de que tratamiento tuvo más o menos riqueza, siendo esta no estadísticamente significativa en todas las mediciones. Si bien en el caso de sin incendio se mantuvieron valores que oscilaron entre 3.33 y 4.33, el tratamiento con incendio presentó un rango entre 2,67 y 4 siendo los extremos menores al tratamiento contrastante.

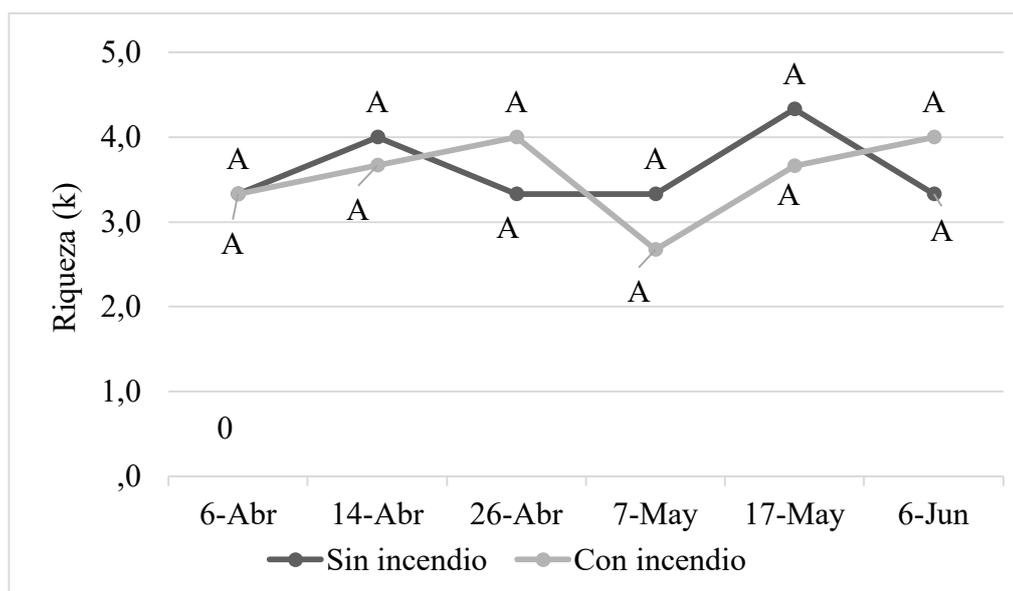
En sin incendio se mostró un aumento de la riqueza hasta la segunda fecha, a partir de esta disminuyó. Luego disminuyó hasta los 37 DDI (4 meses post incendio). Por último, vuelve a aumentar hasta el 17 de mayo, y desciende en la última medición (5 meses post incendio).

En el tratamiento con incendio existió una tendencia al aumento de riqueza hasta los 27 DDI, posteriormente disminuyó bruscamente hasta la próxima medición. Esto se explicó por el ciclo de vida de las malezas, siendo estas estivales anuales en su gran mayoría. En cambio, en sin incendio, no existió un descenso porque presentó mayor cantidad de especies perennes, además el rango de riqueza fue menor (más constante) ya que el mantillo y la sombra no permitía la emergencia de nuevas especies. Siguiendo con las evaluaciones a partir del 7 de mayo (4 meses

post- incendio) nuevamente comenzó a aumentar el parámetro en estudio en el tratamiento con incendio superando al tratamiento sin incendio. En consecuencia, a la sobrevivencia de especies provenientes del banco de semilla (*Cyperus* spp), que levantó dormición por la temperatura alcanzada en el incendio. Esto concordó con los autores Riemens et al. (2004), en que el factor temperatura tiene efecto en la dormición de la semilla.

### Figura 6

*Evolución del parámetro riqueza a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “La Merced”*



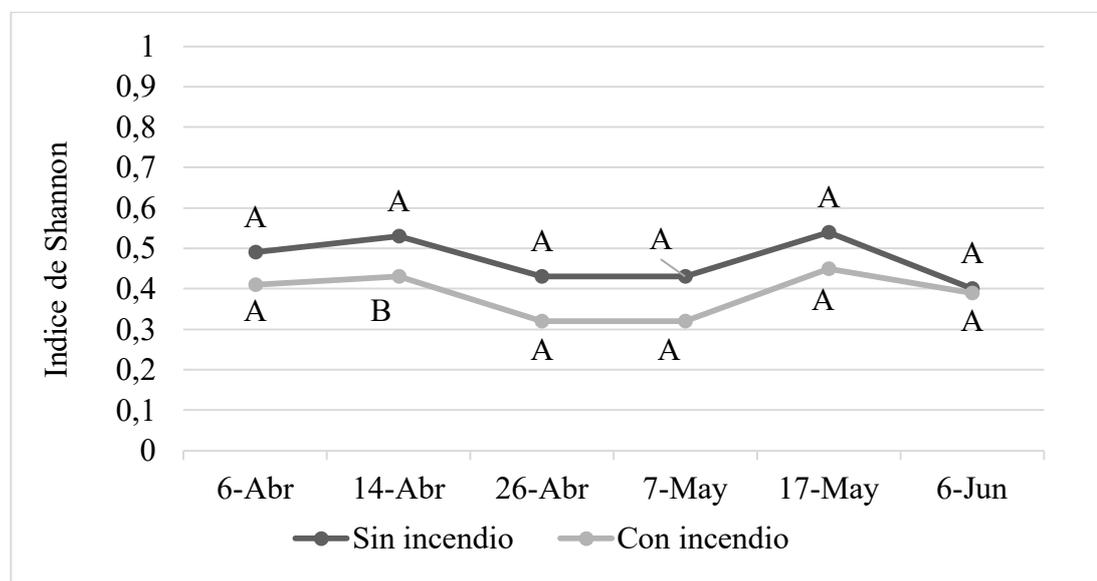
*Nota.* 7; 15; 27; 37; 47; 67 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

El índice de Shannon, figura 7, no tuvo diferencias estadísticas significativas a lo largo de las mediciones entre tratamientos, exceptuando el 14 de abril (3 meses y medio post incendio). Sin embargo, el tratamiento sin incendio fue mayor en todas las mediciones excepto la última, en la cual se igualaron los índices en ambos tratamientos. En comparación con el predio Mafalda Oeste, el valor promedio del índice de Shannon en este predio fue menor, mostrando una baja diversidad. Esto se explicó por el microclima generado en el monte pie, lo cual se mencionó anteriormente. Entre las fechas 6-abril y 17-mayo los tratamientos se comportaron de igual forma manteniendo una diferencia de 0,09 +/- 0,01. Se

observó que en el total de las mediciones en ambos tratamientos el índice no fue cercano a 0 (0,32-0,54) lo que demostró que hubo baja cantidad con baja abundancia. El tratamiento sin incendio tuvo valores más altos (no significativo en la mayoría de las fechas) a causa de su estado de clímax por ausencia de perturbación (incendio). La posible causa de lo que sucedió en el tratamiento con incendio fue que el suelo luego de la perturbación quedó desnudo y la comunidad comenzó un proceso de sucesión de volver al disclimax como mencionó Trabaud (1998). Como se observó en la última medición, los índices de Shannon de ambos tratamientos se igualaron, indicando que la diversidad del tratamiento con incendio llegó a igualar la diversidad con el tratamiento sin incendio generando un nuevo estado de equilibrio (disclimax).

### Figura 7

*Índice de Shannon a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “La Merced”*



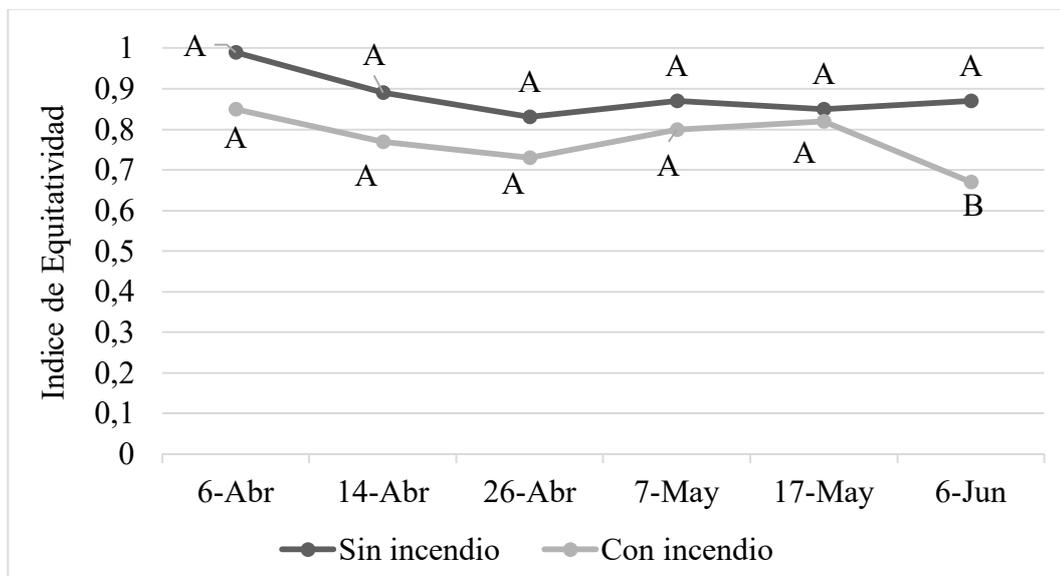
*Nota.* 7; 15; 27; 37; 47; 67 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

Terminando con el atributo poblacional diversidad, el índice de equitatividad, figura 8, no mostró diferencias estadísticamente significativas a lo largo de las mediciones, exceptuando la última medición. El tratamiento sin incendio siempre se encuentra por encima teniendo a una mayor uniformidad en las especies presentes. En la primera medición existió una total uniformidad (valor cercano a 1) en el tratamiento sin incendio indicando que las especies presentes se encontraron en igual abundancia, disminuyendo levemente a lo largo de las mediciones. La hipótesis que explicó que el índice dejó de ser 1, pudo ser que una de las malezas comenzó a variar su abundancia dado por una transición a un cambio de estación que varió las especies presentes.

En la región con incendio a pesar de que no tuvo diferencias estadísticas significativas, comenzó con un valor menor a uno, dado a la perturbación (incendio) que generó zonas desiguales de dinámica de vegetación. Esto concordó con los autores Fuhlendorf et al. (2009) como se cita en López-Mársico et al. (2020), el cual dijo que el fuego se considera una perturbación que da inicio al proceso de sucesión de plantas, generando zonas desiguales por las dinámicas de la vegetación. Por esto el índice al comienzo fue distinto de 1. El comportamiento del índice en general fue similar al tratamiento sin incendio. En la última medición baja bruscamente, teniendo diferencias estadísticamente significativas a la zona sin incendio. A pesar que el índice de Shannon indicó que volvió a un estado de diversidad igual al de antes, figura 6, fue muy poco uniforme por la agresividad de alguna especie que se encontraba en el banco de semilla y se vio favorecida por la temperatura como hacía referencia los autores Riemens et al. (2004). Especies presentes como *Richardia brasiliensis* y *Cyperus* spp se vieron favorecidas por la desaparición de otras especies como *Gallium aparine*, concordando con los autores Gandullo y Blanco (2018).

**Figura 8**

*Índice de equitatividad a lo largo de las evaluaciones para tratamiento sin incendio y con incendio en el predio “La Merced”*



Nota. 7; 15; 27; 37; 47; 67 DDI (días después de la instalación del experimento) correlacionado con las fechas de medición. Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

Resumiendo, la tendencia entre índice de Shannon e índice de equitatividad se mantuvo en sin incendio y con incendio en todas las fechas. La tendencia fue de más diversidad para el tratamiento sin incendio, reflejado a través del índice de Shannon. El índice de equitatividad en este mismo tratamiento, el cual toma en cuenta la riqueza, nos demostró que las malezas presentaban similares abundancias. Mientras que la riqueza varió en el periodo de evaluación sin existir una tendencia clara sobre los tratamientos.

#### 4.2 EVALUACIÓN DE EFICIENCIA DE HERBICIDAS PREMERGENTE

A continuación, se presenta por predio los análisis de los distintos resultados obtenidos dentro de la evaluación de eficiencia de herbicida.

##### 4.2.1 Mafalda Oeste

A través de modelos estadísticos se estudiaron los resultados de densidad de malezas obtenidos, exceptuando la primera medición (8 DPA) la cual no convergió el modelo, las restantes si fueron analizadas.

En la siguiente tabla se presentan el resumen de los p-valores críticos para los efectos principales y las interacciones dobles, ya que la interacción triple no fue significativa.

**Tabla 5**

*Resumen de resultados de efectos principales y posibles interacciones a los 23, 31, 41, 61 y 82 DPA*

<b>DPA*</b>	<b>23</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>61</b>	<b>82</b>
Efectos	Pr>f	Pr>f	Pr>f	Pr>f	Pr>f
Incendio	0.0016	0.6133	0.8793	0.7070	0.0015
Remoción	0.7775	0.9019	0,8238	0.5947	0.0557
Herbicida	0,0163	0.0515	0.0287	0.3184	0.3933
Inc*Herb**	0.9401	0.7335	0.9812	0.2263	0.9410
Rem*Herb***	0.9961	0.1828	0.1435	0.9268	0.9938
Inc*Rem****	0.3589	0.5656	0.6570	0.8700	0.4310

*Nota.* \*DPA: días post aplicación. \*\*Inc\*Herb: interacción herbicida e incendio.

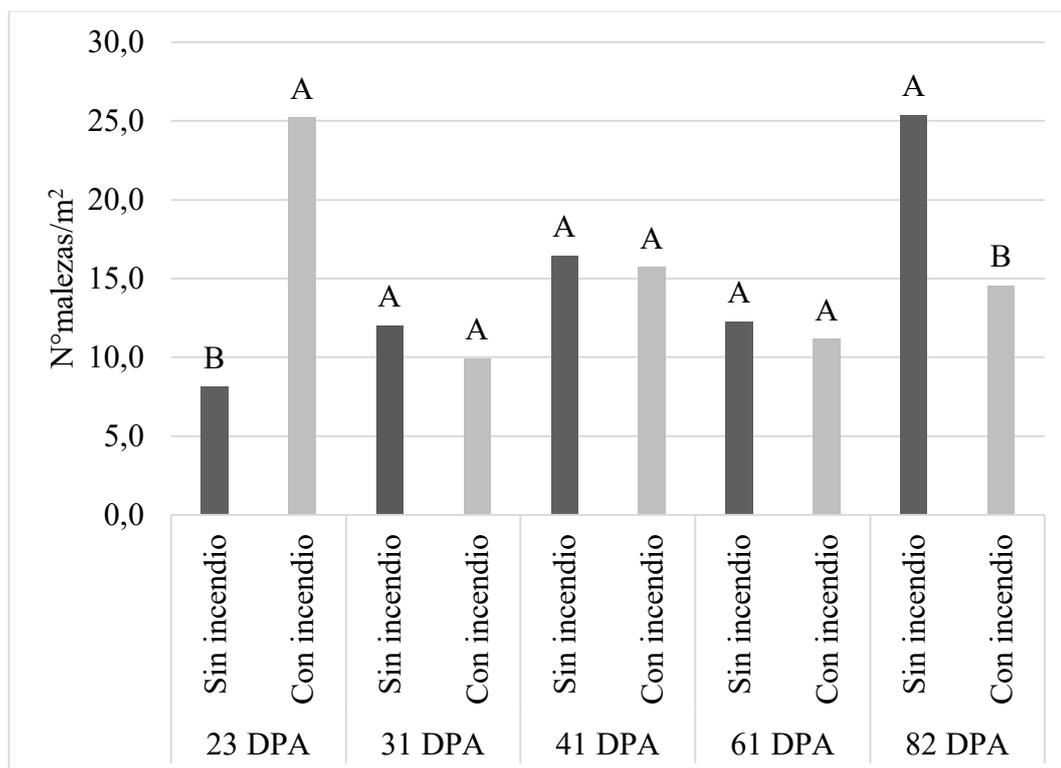
\*\*\*Rem\*Herb: interacción remoción y herbicida. \*\*\*\*Inc\*Rem: interacción incendio y remoción.

Las interacciones no dieron significativo (p-valores mayores a 0,05), por lo tanto, se analizan únicamente los efectos principales de forma individual: incendio remoción y herbicida.

El efecto incendio, solo fue estadísticamente significativo a los 23 DPA y 82 DPA, las emergencias entre las fechas mencionadas no fueron estadísticamente significativas.

**Figura 9**

*Evaluación efecto incendio en N° de malezas/m<sup>2</sup> a lo largo de las mediciones en el predio “Mafalda Oeste”*



*Nota.* Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05

A los 23 DPA en la evaluación con incendio el número de malezas fue muy alto el cual tuvo diferencia estadísticamente significativa con la zona sin incendio. Esto pudo estar dado por una barrera física que en este caso fueron las cenizas, la cual pudo haber disminuido la eficiencia de los herbicidas preemergentes concordando con lo que dicen López-Mársico et al. (2020). Esta situación pudo provocar una leve interacción, sin diferencias estadísticamente significativas, entre el incendio y el herbicida, donde este queda retenido por las cenizas, no pudiendo actuar. En las evaluaciones posteriores se observó una liberación del herbicida (presencia de menos malezas) causado por el efecto de las precipitaciones (26/03). El retraso de la actividad del herbicida conllevó a una mayor residualidad, comparado a sin incendio, detectándolo a los 82 DPA dado el bajo número de malezas por m<sup>2</sup>. En sin incendio a los 82 DPA hubo una notoria pérdida de residualidad.

En relación a la remoción no dio estadísticamente significativo en ninguna fecha evaluada, indicando que no fue la presencia del banco de semilla superficial (primeros 5 cm de suelo) el responsable de la respuesta al factor incendio. Las emergencias provenían de estratos más profundos o eran perennes, según lo evaluado en estudio observacional de dinámica.

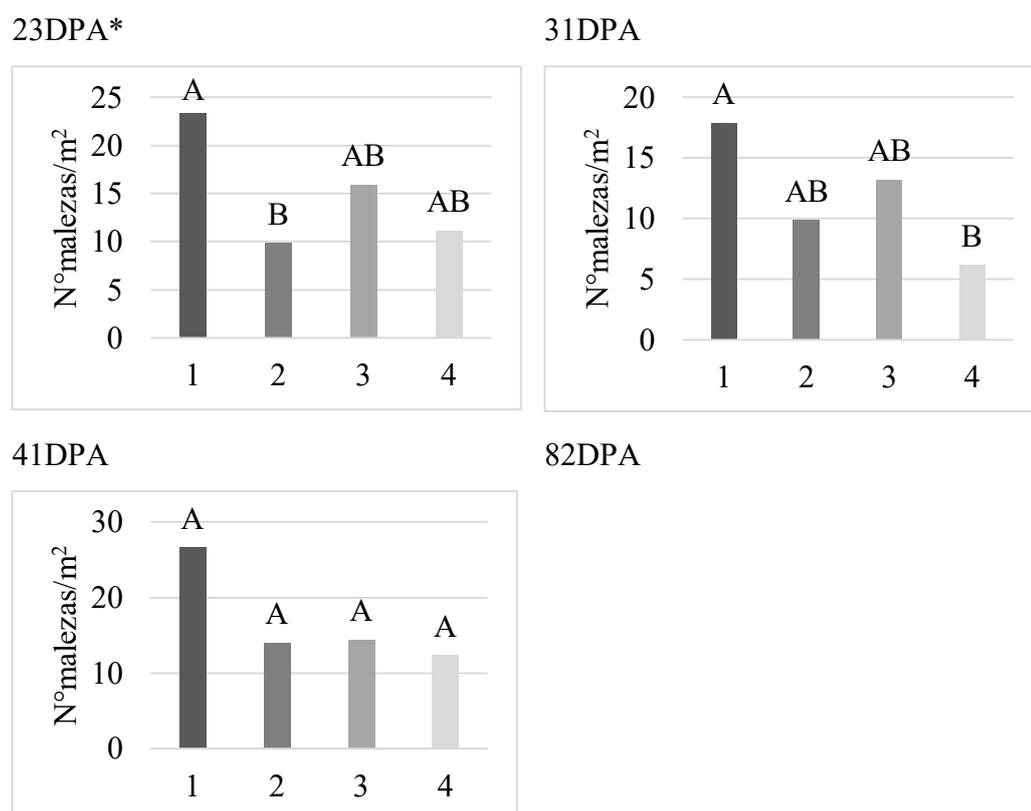
La hipótesis a estos resultados pudo ser la no significancia de la interacción Remoción-herbicidas donde las cenizas no afectaron la emergencia de malezas e inhibición de herbicidas.

En cuanto al efecto principal Herbicida, las tres primeras mediciones, indican diferencias significativas entre los tratamientos, respuesta seguramente asociada la residualidad e independiente a la remoción.

A continuación, se observa en la figura 10 las emergencias de malezas para las diferentes fechas de evaluación.

**Figura 10**

*Evolución del número de malezas por m<sup>2</sup> 23, 31, 41 y 82 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “Mafalda Oeste”*



*Nota.* Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05. \*DPA: Dias post-aplicación. Eje horizontal 1,2,3,4 corresponde a tratamientos de herbicidas 1 (S- metolaclor), 2 (Flumioxazin + S- metolaclor), 3(Isoxaflutole + S- metolaclor), y 4 (Oxifluorfen + S- metolaclor).

A los 23 DPA y 31 DPA, la separación de media (Tukey 0,05) logró identificar diferencias significativas entre los tratamientos. A partir de los resultados obtenidos, se pudo observar en las gráficas que el único tratamiento de herbicida que mantuvo la tendencia fue el 1, el cual presentó la mayor media de número de malezas desde la primera fecha de medición.. Se pudo observar que en las dos primeras fechas el menor número de malezas lo presentaron los tratamientos 2 y 4. A los 41 DPA la separación de medias de Tukey no logró identificar diferencias significativas a pesar de que previamente el análisis de varianza sí. En el gráfico, a los 82 DPA, se observó la misma tendencia que a los 41 DPA, ocurrió

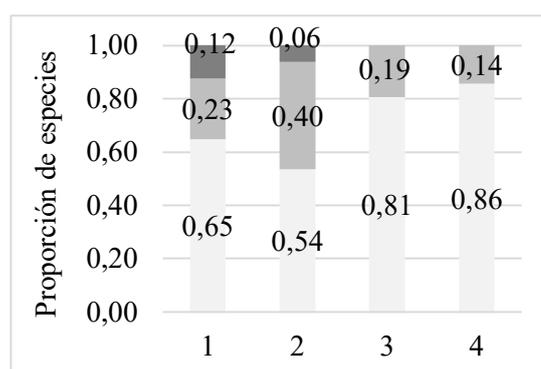
un aumento en el número de malezas/m<sup>2</sup>, indicando la disminución en la residualidad.

A continuación, se presenta una figura donde se observa la proporción por tipo de especies en las distintas fechas lo cual puede explicar las tendencias mencionadas anteriormente.

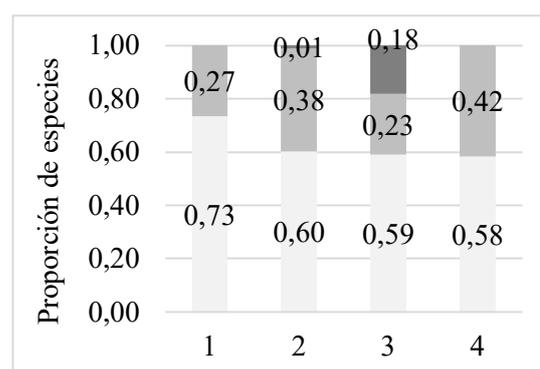
**Figura 11**

*Evolución de proporción de especies a los 23, 31, 41 y 82 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “Mafalda Oeste”*

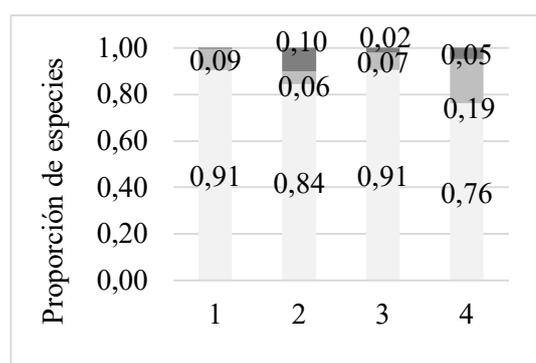
23 DPA\*



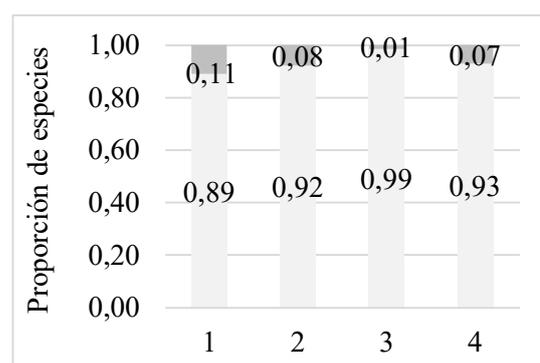
31 DPA



41 DPA



82 DPA



- Promedio proporción hoja ancha
- Promedio proporción *Cyperus* spp
- Promedio proporción graminoide

*Nota.* \*DPA: Días post-aplicación. Eje horizontal 1,2,3,4 corresponde a tratamientos de herbicidas 1 (S- metolaclor), 2 (Flumioxazin + S- metolaclor), 3(Isoxaflutole + S- metolaclor), y 4 (Oxifluorfen + S- metolaclor).

El espectro de acción de los herbicidas utilizados no contemplaba al grupo de gramíneas y *Cyperus* spp. El tratamiento 1 tiene un espectro de acción gramínica, el 2, 3 y 4 actúan en hoja ancha-gramíneas.

Se observó que el tratamiento 1, S-metaloclor fue el peor a lo largo de las fechas debido al espectro de acción del mismo (gramínica). La ausencia de un testigo limita esta afirmación ya que según Gandullo y Blanco (2018) las gramíneas colonizan el terreno, por lo tanto, se asume que las mismas estuvieron presentes y fueron controladas por este herbicida. Como consecuencia las malezas de hoja ancha no fueron controladas y explicaron el mayor porcentaje de enmalezamiento en comparación con los demás tratamientos. Este nulo control de hoja ancha provocó que a lo largo del tiempo estas compitieran con los gramíneos, hasta lograr la supresión de los mismos. Los tratamientos 2, 3 y 4, a medida que pasa el tiempo disminuyeron el número de malezas hasta los 41 DPA, porque el espectro de acción fue mayor. Sin embargo, dentro de las especies presentes hubo en gran predominancia de hoja ancha, tabla 6, donde predominaba la especie *Dichondra microcalyx* la cual no se controla con este tipo de herbicidas dado que esta se reproduce vegetativamente por estolones.

Luego de los 41 DPA no se encontraron diferencias significativas entre los herbicidas evaluados donde aumentó el número de malezas por m<sup>2</sup>, notándose un mayor aumento en 2, 3, 4, dado por la pérdida de residualidad de los mismos. La residualidad de estos herbicidas es de 60 días, observándose pérdidas antes de lo esperado.

A continuación, se presenta en la tabla 6 las especies que estaban presentes en el predio, agrupadas en: *Cyperus* spp, gramíneos y hoja ancha. Dentro de hoja ancha se seleccionaron las especies que predominaban hasta alcanzar o superar un 50%.

**Tabla 6**

*Especies presentes predominantes en el predio “Mafalda Oeste” agrupado en Cyperus spp, graminoides y hoja ancha*

	Hoja ancha (%)	Cyperus (%)	Graminoides (%)	Total (%)	Especies predominantes HA (%)
23 DPA*	72	24	5	100	87 <i>Dichondra microcalyx</i>
31 DPA	60	30	10	100	23 <i>Dichondra microcalyx</i> ;
					23 <i>Myosotis sylvatica</i> ;
					21 <i>Amaranthus</i> spp
41 DPA	85	10	5	100	50 <i>Dichondra microcalyx</i>
82 DPA	90	10	0	100	16 <i>Anagallis arvensis</i> ;
					20 <i>Coronopus didymus</i> ;
					15 <i>Anagallis mínima</i>

Nota. \*DPA: Dias post-aplicación.

En la tabla 6 se observa que las malezas predominantes exceptuando *Dichondra microcalyx* se reproduce por semilla. Desde los 23 DPA hasta los 41 DPA hay diferencias significativas dependiendo del espectro de acción de cada tratamiento sobre la hoja ancha, y las especies que fueron apareciendo a lo largo de las mediciones.

#### 4.2.2 La Merced

A través de modelos estadísticos se estudiaron los resultados obtenidos exceptuando la primera medición (41 DPA) la cual no convergió con el modelo, las

restantes si fueron analizadas. En las dos primeras evaluaciones no se obtuvieron datos ya que no había presencia de malezas.

La interacción no fue estadísticamente significativa (p-valor mayor a 0,05), por lo tanto, se analizaron los efectos principales: remoción; herbicida

El efecto remoción, dio estadísticamente significativo a los 31 DPA, como se observó en la tabla 7

**Tabla 7**

*Resumen de resultados de efectos principales y posibles interacciones 31 y 61 días post aplicación en el predio “La Merced”*

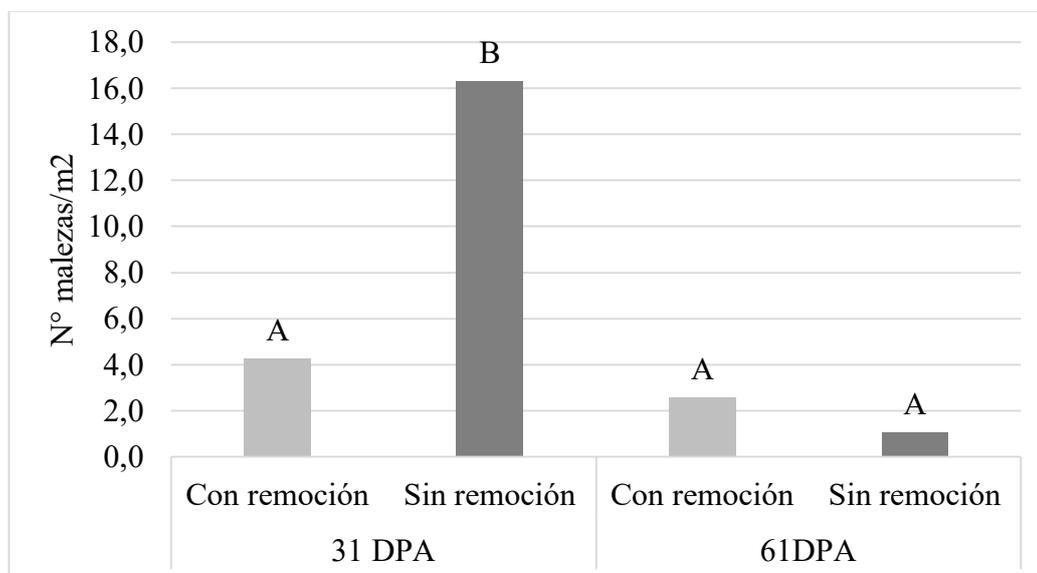
DPA*	31	61
Efecto	Pr>F	Pr>F
Remoción	0,0196	0,3165
Herbicida	0,0006	0,0018
Rem*Herb **	0,1356	0,6288

*Nota.* \*DPA: días post aplicación. \*\*Rem\*Herb: interacción remoción y herbicida.

En la figura 12 se observó que el número de malezas fue menor en la zona con remoción a los 31 DPA. A pesar de la no significancia del modelo a los 61 DPA, con remoción y sin remoción presentaron bajo número de malezas/m<sup>2</sup>.

**Figura 12**

*Número de malezas/ m<sup>2</sup> en efecto remoción a los 31 y 61 días post aplicación en el predio “La Merced”*



*Notas.* Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05.

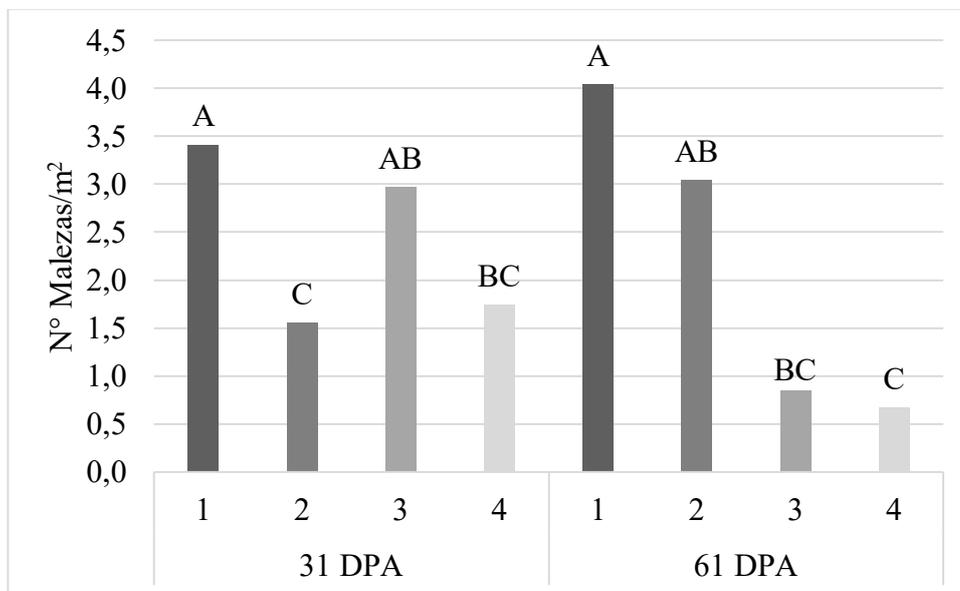
A los 31 DPA, el efecto remoción causó una disminución en el número de malezas/m<sup>2</sup>. Esto sucedió porque la remoción generó aumento en la humedad del suelo lo que mejoró las condiciones para que el herbicida actuara y fuese más efectivo. Como mencionaba Espinoza y Mera (2016) a la hora de usar herbicidas preemergentes la cobertura y humedad del suelo son factores claves a tener en cuenta.

A los 61 DPA el N° de malezas/m<sup>2</sup> disminuyó bruscamente, en el tratamiento sin remoción (16 a 1 N° de malezas/m<sup>2</sup>), donde la causa pudo ser las lluvias acumuladas (60 mm) entre los meses de mayo-junio, la cual ayudó a penetrar el herbicida en el suelo.

En figura 13, se muestra las medias (Tukey 0,05) de malezas/ m<sup>2</sup> a lo largo del periodo evaluado para los diferentes tratamientos herbicidas.

**Figura 13**

*Evolución del número de malezas por m<sup>2</sup> 31 y 61 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “La Merced”*



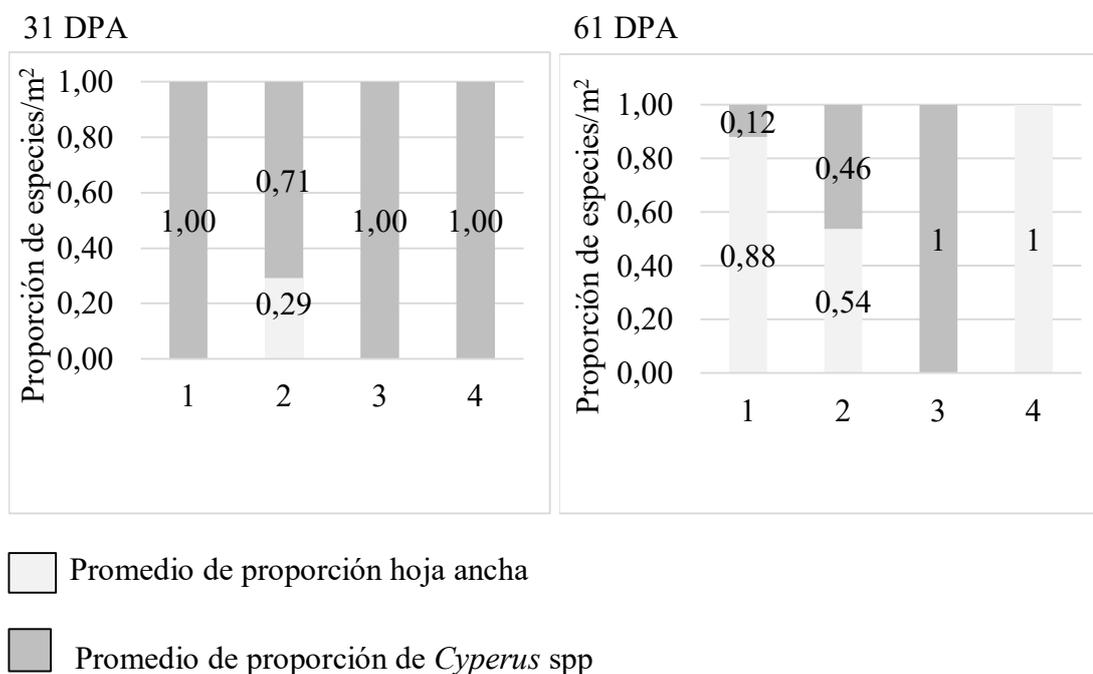
*Nota.* Letras comparan el efecto dentro de cada fecha, Tukey 0,05. Eje horizontal 1,2,3,4 corresponde a tratamientos de herbicidas 1: S- metolaclor), 2: Flumioxazin + S- metolaclor, 3: Isoxaflutole + S- metolaclor, y 4: Oxifluorfen + S- metolaclor.

El tratamiento 1 fue el que tuvo un menor efecto, y presentó un mayor número de malezas en ambas fechas evaluadas. En contraposición, el tratamiento con menor número de malezas varió en ambas fechas, para 31 DPA fue el 2 y para 61 DPA fue el 4. A los 31 DPA el 2 y 4 tuvieron la menor media de número de especies/m<sup>2</sup>. En cambio, el tratamiento 3 y 4 son los que presentaron menor media de N° de especies por m<sup>2</sup> a los 61 DPA.

A continuación, se presenta la figura 14 donde se observó la proporción de especies en las distintas fechas

**Figura 14**

*Evolución de proporción de especies a los 31 y 61 días post aplicación para el efecto principal herbicida en el predio “La Merced”*



*Nota.* Eje horizontal 1,2,3,4 corresponde a tratamientos de herbicidas 1: S- metolaclor, 2: Flumioxazin + S- metolaclor, 3: Isoxaflutole + S- metolaclor, y 4: Oxifluorfen + S- metolaclor.

No hubo presencia de gramíneas, pudiendo estar explicado por la acción del S- metolaclor en todos los tratamientos. La explicación de este resultado es igual a la mencionada en el predio Mafalda Oeste. En este caso podemos observar que la especie de maleza predominante fue *Cyperus* spp, la que en su mayoría se reproduce de forma vegetativa por lo tanto no era esperable un control con este tipo de herbicidas.

En base a los resultados de control en el tratamiento 3 se puede inferir que las malezas de hoja ancha presente en este predio, tienen como forma de reproducción la semilla. Por lo tanto, la aplicación de herbicidas preemergentes genera un control de estas. En este caso la combinación de Isoxaflutole + S- metolaclor, realizó un control efectivo de hoja ancha y gramínoideas, solo dejando los *Cyperus* spp que en su mayoría tienen reproducción vegetativa.

Los restantes tratamientos (1, 2 y 4) no tuvieron una respuesta clara, aumentando la proporción de hoja ancha a los 61 DPA. La causa del comportamiento de los tratamientos 2 y 4 fue que los activos perdieron la residualidad, determinando la presencia de malezas de hoja ancha. El S-metolaclor a los 61DPA aún seguía controlando las gramíneas. La proporción de ciperáceas disminuyó a la última medición, a causa del aumento de proporción de especies de hoja ancha siendo estas más agresivas.

A continuación, se presenta en la tabla 8, las especies presentes en el predio agrupadas en *Cyperus spp* y hoja ancha. Dentro de Hoja ancha se seleccionaron las especies que predominaban hasta alcanzar o superar un 50%.

**Tabla 8**

*Especies presentes predominantes en el predio “La Merced” agrupado en *Cyperus spp* y hoja ancha*

	Hoja ancha %	<i>Cyperus spp</i> %	total %	Especies predominantes %
31 DPA*	10	90	100%	66,6 <i>Commelina spp</i>
61 DPA	68	32	100%	39 <i>Oxalis spp</i> 35 <i>Gamochoaeta spp.</i>

*Nota.* \*DPA: días post aplicación.

A los 31 DPA los *Cyperus spp* predominan en un 90%, lo cual puede estar explicado por la presencia de órganos vegetativos latentes que se vieron beneficiados por la fertilización generada por las cenizas (Gandullo & Blanco, 2018). En la segunda fecha este porcentaje de *Cyperus spp* disminuye a causa de la agresividad de malezas de hoja ancha. Las malezas de hoja ancha presentes a los 61 DPA no se controlaron a causa de su tipo de reproducción (vegetativa). La *Commelina spp* presente a los 31 DPA se reproduce de forma vegetativa y reproductiva por lo tanto se puede decir que el tratamiento 1 3 4 incluye en su espectro de acción a esta maleza.

## 5. CONCLUSIONES

La dinámica de malezas constatada permite afirmar que el incendio generó cambios. Las condiciones en los predios fueron distintas, pero en ambos el incendio mostró una tendencia a un aumento en el porcentaje de enmalezamiento, a lo largo de todas las fechas, aun cuando en algunas fechas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas. Se puede decir que las especies predominantes fueron diferentes en ambos predios y en los tratamientos, al igual que el comportamiento de los indicadores estudiados. Hubo una tendencia a una menor diversidad en el tratamiento sin incendio estimado por el índice de Shannon. El índice de equitatividad presentó un comportamiento similar al índice anterior. La riqueza no mantuvo una tendencia constante entre tratamientos, sin diferencias estadísticamente significativas a lo largo de las mediciones. El incendio por lo tanto generó un progresivo decline en cuanto a la diversidad y equitatividad. Esto se explicó porque el incendio a lo largo del tiempo llevó a el predominio de especies más agresivas las cuales predominaron sobre otras, indicado por la menor uniformidad observada en el índice de Shannon. Por lo tanto, el incendio modificó la dinámica de malezas ya existentes.

En la eficiencia de herbicidas preemergentes no se pudo comprobar una inactivación de estos a causa del incendio. El incendio causó variación en el número de malezas. El efecto remoción sólo mostró diferencias en uno de los predios, causado por la mayor cantidad de cenizas. Los tratamientos de herbicida no mostraron una tendencia clara a lo largo de las evaluaciones. El tratamiento S-metolaclo, (graminicida), fue el que presentó menor control, remarcando la necesidad de implementar controles de amplio espectro. Para esto es necesario conocer la potencialidad de enmalezamiento del sitio. La diferencia entre los tratamientos fue explicada por las especies de malezas presentes y el espectro de acción de los mismos y no por la interacción con las cenizas presentes.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Amaro, C. (1996). Las malezas y la producción forestal. *Uruguay Forestal*, 11, 16-18.
- Burley, J. (2002). Panorámica de la diversidad biológica forestal. *Revista Internacional de Silvicultura e Industrias Forestales*, 53(209), 36-40.  
<https://www.fao.org/3/y3582s/y3582s.pdf>
- Decreto n° 436/007: *Plan general de acción para la prevención, alerta y respuesta a los incendios forestales*. (2007, 29 de noviembre). IMPO.  
<https://www.impo.com.uy/bases/decretos/436-2007>
- Espinoza, N. N., & Mera, K. M. (2016). Control de malezas en cultivos de lupino. En M. K. Mera (Ed.), *Lupino dulce y amargo producción en Chile* (pp. 58-69). INIA  
<https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6507/NR40484.pdf?sequence=10&isAllowed=y>
- Gandullo, J. M., & Blanco, A. (2018). *Ecología Vegetal*. Dextra
- Glass, E. H., & Thurston, H. D. (1978). Traditional and modern crop protection in perspective. *Bioscience*, 28(2), 109-115. <https://doi.org/10.2307/1307424>
- González, R., Vera, A., & García, M. (2013, octubre). *Acción del fuego sobre los aspectos ecológicos de las comunidades vegetales xerofilas secundarias de la universidad de Zulia* [Contribución]. VIII Jornada de Investigación de la Facultad de Humanidades y Educación y I Congreso Internacional “Saberes y diversidad para un humanismo intercultural”, Maracaibo.  
[https://www.researchgate.net/publication/275354881\\_ACCION\\_DEL\\_FUEGO SOBRE LOS ASPECTOS ECOLOGICOS DE LAS COMUNIDADES VEGETALES XEROFILAS SECUNDARIAS DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA](https://www.researchgate.net/publication/275354881_ACCION_DEL_FUEGO SOBRE LOS ASPECTOS ECOLOGICOS DE LAS COMUNIDADES VEGETALES XEROFILAS SECUNDARIAS DE LA UNIVERSIDAD DEL ZULIA)
- Kogan, A. M., & Pérez, J. A. (2003). *Herbicidas: Fundamentos fisiológicos y bioquímicos del modo de acción*. Universidad Católica de Chile.

- Kumar, A., & Singh, N. (2020). Effect of crop residue ashes on sorption behavior of herbicides used in the succeeding crop in Indian soils. *Journal of environmental science and health*, 55(7), 630-645.  
<https://doi.org/10.1080/03601234.2020.1757980>
- López-Mársico, L., Lezama, F., & Altesor, A. (2020). Heterogeneity decreases as time since fire increases in a South American grassland. *Applied Vegetation Science*, 24(1), Artículo e12521.  
<https://doi.org/10.1111/avsc.12521>
- Mares, R., Galvan, L., Porras, E., Relea, L., & Calabuig, E. (2011). Ecología ligada al fuego: Resiliencia en rebollares y brezales. En F. J. Ezquerria & E. Rey (Coord.), *Seminario sobre la evolución del paisaje vegetal y el uso del fuego en la Cordillera Cantábrica* (pp. 48-49). CDF.  
[https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100Detalle/1284211850062/\\_/1284193192895/Redaccion](https://medioambiente.jcyl.es/web/jcyl/MedioAmbiente/es/Plantilla100Detalle/1284211850062/_/1284193192895/Redaccion)
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. En J. Azcón-Bieto & M. Talón (Coord.), *Fundamentos de la fisiología vegetal* (2ª ed., pp. 537-556). Interamericana de España.  
<https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/FundamentosdeFisiologiaVegetal2008Azcon..pdf>
- McIvor, J. G., & Howden, S. M. (2000). Dormancy and germination characteristics of herbaceous species in the seasonally dry tropics of northern Australia. *Austral Ecology*, 25(3), 213-222.  
<https://doi.org/10.1046/j.1442-9993.2000.01026.x>
- Mortimer, A. (1996). La clasificación y ecología de las malezas. En R. Labrada, J. Caseley, & C. Parker (Eds.), *Manejo de malezas para países en desarrollo* (pp. 13-30). FAO. <https://www.fao.org/3/T1147S/t1147s00.htm#Contents>
- Oficina de Estadísticas Agropecuarias. (2021). *Anuario estadístico agropecuario 2021*. MGAP. <https://www.gub.uy/ministerio-ganaderia-agricultura-pesca/comunicacion/publicaciones/anuario-estadistico-agropecuario-2021>

- Pausas, J. G., Lamont, B. B., Keeley, J. E., & Bond, W. J. (2022). Bet-hedging and best-bet strategies shape seed dormancy. *The New Phytologist*, 236(4), 1232-1235. <https://doi.org/10.1111/nph.18436>
- Pérez, F., & Pita, J. M. (1999). *Dormición de semillas*. MAPA. [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1999\\_2103.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1999_2103.pdf)
- Riemens, M. M., Scheepens, P. C., & Van der Weide, R. Y. (2004). *Dormancy, germination and emergence of weed seeds, with emphasis on the influence of light: Results of a literature survey*. Plant Research International. <https://edepot.wur.nl/40513>
- Satorre, E. H., Kruk, B. C., & De la Fuente, E. B. (2016). *Bases y herramientas para el manejo de malezas*. Universidad de Buenos Aires.
- Sistema Nacional de Emergencia. (2023). *Incendios forestales*. Presidencia de la República. <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/comunicacion/noticias/desde-111-hasta-304-se-prohibe-realizar-quemas-aire-libre>
- Trabaud, L. (1998). Recuperación y regeneración de ecosistemas mediterráneos incendiados. *Serie Geográfica*, (7), 37-47. <https://core.ac.uk/download/pdf/58902339.pdf>
- Velez, R. (2000). *La defensa contra incendios forestales: Fundamentos y experiencias*. Interamericana de España.
- Villalba, J. (2010). Control de malezas en Eucalyptus spp. En Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (Ed.), *Jornada de Producción Forestal* (pp. 1-8). <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12553/1/SAD629p1-8.pdf>
- Vivian, R., Silva, A. A., Gimenes, Jr., M., Fagan, E. B., Ruiz, S. T., & Labonia, V. (2008). Dormência em sementes de plantas daninhas como mecanismo de sobrevivência. *Planta Daninha*, 26(3), 695-706. <https://www.scielo.br/j/pd/a/8PjyFPGMR7SWnCVjyFDfWDM/?lang=pt&format=pdf>

7. ANEXO**Tabla A1**

*Tabla comparativa de frecuencia entre tratamiento con y sin incendio Mafalda Oeste*

	<i>Dichondra microcalyx</i>		<i>Cynodon dactylon</i>	
	con incendio	sin incendio	con incendio	sin incendio
24-Mar	0,43	0,24	0,79	0,63
4-Abr	0,52	0,59	0,72	0,73
14-Abr	0,55	0,35	0,72	0,75
29-Abr	0,55	0,33	0,68	0,7
7-May	0,55	0,29	0,75	0,81