



FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y  
NATURALES

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA

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

“EFECTO DE LA TEMPERATURA Y EL TIEMPO DE EXPOSICIÓN SOBRE  
LA GERMINACIÓN Y EMERGENCIA DE *PIPTOCHAETIUM NAPOSTAENSE*”

Patricia Lorena AVILA

SANTA ROSA (LA PAMPA)

ARGENTINA

2008

## PREFACIO

Esta tesina es presentada como parte de los requisitos para optar al grado Académico de Ingeniera en Recursos Naturales y Medio Ambiente, de la Universidad Nacional de La Pampa y no ha sido presentada previamente para la obtención de otro título en esta Universidad ni en otra Institución Académica. Se llevó a cabo en la Cátedra de Fisiología Vegetal, dependiente del Área de Recursos Naturales, durante el periodo comprendido entre el 18 de Diciembre de 2007 y el 13 de Agosto de 2008, bajo la dirección de la Dra. Kin, Alicia Graciela; y bajo la codirección del Dr. Morici, Ernesto.

*A Pedro y a mi familia*

## **RESUMEN**

El fuego no sólo afecta a la vegetación sino también al suelo donde se encuentra el banco de semillas, principal reservorio de propágulos con que cuenta *Piptochaetium napostaense* para su mantenimiento y regeneración. A pesar de ser una especie estudiada, es escasa la información del efecto de las temperaturas alcanzadas durante un incendio sobre la germinación de las diásporas de flechilla negra. Al tratarse de una especie de muy buena calidad forrajera, se planteó evaluar la respuesta de la germinación y emergencia de esta gramínea a diferentes temperaturas y tiempos de exposición simulando los efectos de un fuego. Las semillas de *Piptochaetium napostaense* fueron colectadas en un área de caldenal y expuestas a diferentes tratamientos que resultan de la combinación de cinco niveles de temperatura (70, 90, 120, 140 y 170°C) y tres tiempos de exposición (5, 10 y 20 minutos), se incluyó además un grupo control. Los resultados muestran que temperaturas moderadas estimulan la germinación de *Piptochaetium napostaense* y la combinación temperaturas altas-tiempos de exposición prolongados reducen la viabilidad de las semillas de esta gramínea forrajera, afectando asimismo la emergencia y posterior crecimiento de las plántulas. Es de esperar que la prosecución de este ensayo y un acabado conocimiento de los factores que determinan la ocurrencia de reclutamiento de esta forrajera, permitan comprender mejor los efectos del fuego y generar información para la rehabilitación de los pastizales luego del mismo.

## **ABSTRACT**

Fire affects the vegetation and also the seedbank, the main propagule reservoir, in which *Piptochaetium napostaense* relies for its maintenance and regeneration. In spite of being well-known species, there is little information on how temperatures reached during a fire affect the germination of *P. napostaense* seeds. In this study, I evaluated the germination and emergence of *P. napostaense* in response to different temperatures and exposure times similar to those observed during a fire. Seeds of *P. napostaense* were collected in a caldenal area and exposed to different treatments that resulted from the combination of five levels of temperature (70, 90, 120, 140 and 170°C) and three exposure times (5, 10 and 20 minutes), a control was also included. Results show that moderate temperatures stimulate the germination of *P. napostaense* and the combination of higher temperatures and exposure time reduce seed viability of this species, thus also affecting seedling emergence and growth. Knowledge of the factors that determine the occurrence of recruitment of *P. napostaense* will contribute to the better understanding of fire effects on this valuable species, and will also provide valuable information for the rehabilitation of rangelands after fire.

## **INDICE**



INTRODUCCION.....	10
HIPÓTESIS.....	15
OBJETIVOS.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	16
Características de <i>Piptochaetium napostaense</i> .....	17
Área de recolección de las semillas.....	20
Selección de las diásporas.....	22
Tratamientos.....	22
Germinación.....	22
Tasa de germinación.....	23
Viabilidad.....	23
Emergencia.....	24
Biomasa.....	24
Análisis de datos.....	24
RESULTADOS.....	26
Germinación.....	27
Tasa de germinación.....	29
Viabilidad.....	31
Emergencia.....	33
Biomasa.....	35
DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	43

## **INTRODUCCION**

En los ecosistemas semiáridos la dinámica está condicionada por la aparición de fuegos esporádicos, la acción del mismo no afecta sólo a la vegetación sino también al suelo y por lo tanto al banco de semillas. Este último cumple un importante rol en el mantenimiento y perpetuación de las poblaciones de plantas y de la diversidad, permitiendo la germinación después del disturbio (Harper, 1990). En tal sentido, Blodgett *et al.* (2000) trabajando en una pradera encontraron que la quema aumentaba la diversidad de plantas y disminuía la viabilidad del banco de semillas de las capas superiores. En el área de caldenal, Fernández *et al.* (2001) mencionan una ligera disminución del banco de semillas de las especies forrajeras, luego de una quema controlada realizada durante el otoño (abril). Mientras que, Odgers (1996) encontró que el número de semillas de especies herbáceas se mantuvo igual después del fuego. Ernst *et al.* (2007) trabajando con el banco de semillas germinable de un arbustal de jarillas encontraron una reducción significativa en la germinación de las gramíneas perennes, pero no así en gramíneas anuales y herbáceas, en áreas que soportaron incendios de distintas severidad.

El banco de semillas puede ser afectado por las elevadas temperaturas y/o por constituyentes químicos del humo y cenizas. En este estudio sólo analizaremos el efecto del calor. En tal sentido, la posibilidad de las semillas de sobrevivir a las altas temperaturas depende del grado de penetración del calor a través del suelo, de su tolerancia y de la profundidad de enterrado (Auld *et al.*, 2000). El grado de penetración del calor a través del suelo varía con las propiedades físicas del mismo, con el contenido de agua edáfica, con la cantidad, composición química y tipo de combustible y con la persistencia o duración de la exposición a la temperatura máxima que alcanza un suelo durante un incendio (Scifres, 1987; Bradstock *et al.*, 1992). La permanencia de altas temperaturas en la superficie del suelo cuando los combustibles son gruesos puede ser larga, por ejemplo de 15 minutos y con valores de 300 y 700°C, mientras que a 2.5 cm de profundidad las temperaturas varían entre 90 y 195°C y a 5 cm alcanzan los 50°C (Wright y Bailey, 1982, citado por DeBano *et al.*, 1998); en tanto que si los combustibles son finos las temperaturas máximas promedio de la literatura en el primer centímetro de suelo son de 60-80°C (Kunst y Bravo, 2003). En general, los cambios se observan dentro de los primeros 2 cm del suelo y los más grandes se dan a 0.3 cm (Albanesi y Anriquez, 2003).

En lo que respecta a la tolerancia de las semillas a temperaturas elevadas, numerosos estudios realizados en condiciones de laboratorio hacen referencia al impacto de la temperatura elevada en la germinación de semillas de ambientes de clima Mediterráneo, especialmente al efecto del calor sobre especies con semillas con cubiertas duras (Bradstock y Auld, 1995; Hanley y Fenner, 1998; Hanley y Lamont, 2000; Gleadow y Narayan, 2007). Los resultados muestran que en ciertas especies el incremento en el porcentaje de germinación alcanza el máximo con temperaturas de 60°C, e inhibición cuando el tratamiento fue a 120°C; mientras que en otras, se requieren temperaturas más elevadas de 100 y 120°C durante 5 (Hanley *et al.*, 2001) o 10 minutos (Hanley y Lamont, 2000) para lograr un aumento en la germinación, o bien no se observa respuesta entre un rango de 50 a 110°C durante 2 (Overbeck *et al.*, 2006) y 5 minutos (Thomas *et al.*, 2003) u 80, 100 y 120°C por 10 minutos (Luna *et al.*, 2007). En resumen, el estímulo observado en la germinación de ciertas especies por el calor aumenta con la severidad (combinación de temperatura con tiempo de exposición) y luego decae, ya sea porque las temperaturas son muy elevadas o bien la duración de la exposición al calor causa la muerte de las semillas (Auld y O'Connell, 1991).

Por otra parte, cambios en el tiempo de emergencia de las plántulas relacionado a las temperaturas que afectan a las semillas durante un fuego tendría importantes consecuencias sobre la dinámica de la vegetación. Esto se debe a que las especies cuyas plántulas emergen antes que sus competidores con frecuencia tienen menor tasa de mortalidad que las que lo hacen más tardíamente (Hanley y Lamont, 2000). Adicionalmente, diferencias en el tamaño de la planta podría impactar diferencialmente en las interacciones competitivas entre plantas vecinas. Esto ha sido observado en plántulas de algunas especies emergidas de semillas tratadas a 90°C o 105°C durante 5 minutos, las que muestran una mayor biomasa que las no tratadas a los 10 días de edad, pero estas diferencias desaparecen con el tiempo, mientras que en otras especies no se detectaron efectos (Hanley *et al.*, 2001). Asimismo, otros autores encontraron que las plántulas sufren reducción en el crecimiento como respuesta a un tratamiento de las semillas con calor (Hanley y Fenner, 1998).

En atención a lo precedentemente expuesto, se estudió el comportamiento de la gramínea forrajera *Piptochaetium napostaense* (flechilla negra). Esta especie se distribuye en sistemas semiáridos propensos a fuegos, y siendo su principal vía de propagación la germinación de las diásporas, ésta podría verse afectada por la acción del calor.

*Piptochaetium napostaense* se caracteriza por tener una alta proporción de semillas dormantes (Cabeza, 1989), es decir que no germinan, aún cuando se satisfacen los requerimientos de temperatura, humedad y oxígeno. La dormición está relacionada con la presencia de las glumelas (Cabeza, 1989; Distel *et al.*, 1992; Mayor *et al.*, 2007), ya que al eliminarlas los porcentajes de germinación pasan del 51 al 92% (Cabeza, 1989). En el caso particular de flechilla negra, Mayor *et al.* (2007) también lo comprueban al registrar un 56% de germinación en condiciones de laboratorio en semillas que permanecieron enterradas en el campo en áreas sin cobertura de arbustos, respecto al 18% bajo los mismos.

Mayor *et al.* (2003) y Morici (2006) señalan que *Piptochaetium napostaense* presenta banco de semillas tipo 3 permaneciendo más de un año sin germinar, según la clasificación de Thompson y Grime (1979). Esta condición de las semillas permite que la germinación se encuentre distribuida en el tiempo como así también en el espacio. Esto resulta en esporádicos periodos de germinación a lo largo del tiempo, lo cual permitiría controlar la aparición de nuevas plántulas en momentos críticos para el establecimiento debido a condiciones ambientales desfavorables. El hecho de que el banco de semillas de esta especie tiene semillas dormidas y no dormidas, podría resultar en un comportamiento diferencial de ambos grupos al fuego. Mayor *et al.* (2003), observaron porcentajes de germinación del 37 y 64 % y de dormición del 43 y 25% en muestreos realizados en diciembre (después de la caída de las semillas) y abril respectivamente.

Por otra parte, el banco de semillas de esta gramínea forrajera puede estar influenciado por las distintas temperaturas alcanzadas durante un fuego, ya que al existir parches de vegetación característicos de sistemas semiáridos (Sala y Aguiar, 1995), con distintas cantidades y calidades de combustibles, éstos podrían determinar

temperaturas y tiempos de exposición diferentes. Sumado a ello, las condiciones de semiaridez de la región y siendo el verano la época de mayor ocurrencia de los incendios accidentales y/o naturales, con temperaturas altas, humedad relativa baja y vientos fuertes, determinan que el suelo se encuentre con bajo contenido hídrico y debido que un suelo seco es mal conductor del calor, la temperatura en profundidad será marcadamente menor con respecto a la superficie. Además, teniendo en cuenta que las diásporas de esta especie se encuentran en el suelo hasta unos 4 centímetros de profundidad (Mayor *et al.*, 2007), dado que poseen una arista hidroactiva de 70 a 120 mm de longitud (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005), la cual permite que las diásporas se entierren logrando un mejor contacto con el suelo y mejores condiciones de humedad; por lo tanto, la germinación de las mismas presentes en el banco del suelo podría o no ser afectada por el fuego.

*Piptochaetium napostaense*, a pesar de ser una especie bastante estudiada, se desconoce el efecto de las altas temperaturas que se alcanzan durante un incendio sobre la germinación de las diásporas y si las mismas inducen ruptura de la dormición. En un trabajo previo, Frecentese y Milne (1990), estudiaron, en un área del Parque Nacional Lihué Calel, la reacción de gramíneas y arbustos a la acción del fuego (quema estival e invernal). Los autores en sus relevamientos post -tratamientos, no detectaron la aparición de especies invernales de valor forrajero, tal como es el caso de *Piptochaetium napostaense*, pero sí de gramíneas estivales. Sin embargo, ha sido observado pero no cuantificado el reclutamiento de nuevos individuos luego de quemas controladas o incendios accidentales en la región del caldenal (Maquieyra *et al.*, 1985). Por ello, se consideró necesario, estudiar el efecto del fuego sobre el comportamiento de la germinación y/o ruptura de la dormición de las semillas de la especie mencionada, el cual puede ser indirectamente evaluado a través de tratamientos experimentales en los cuales las semillas son expuestas al calor durante cierto tiempo.

## HIPÓTESIS

Teniendo en cuenta lo anteriormente expresado se postularon las siguientes hipótesis:

1. Las diásporas de *Piptochaetium napostaense* tendrían mayor germinación a temperaturas menores de 100°C.
2. Determinadas temperaturas podrían tener efecto sobre la emergencia de las plántulas y no así sobre la germinación de las diásporas.
3. La combinación de altas temperaturas y tiempos prolongados reducirían la germinación y la emergencia, mientras que no se esperaría efecto alguno cuando las temperaturas y tiempos de exposición son reducidos.

## OBJETIVOS

A fin de responder estos interrogantes se plantearon para el presente trabajo los siguientes objetivos:

- Determinar cómo diferentes temperaturas y tiempos de exposición, simulando los efectos de un fuego, pueden influir en la germinación de las diásporas de *Piptochaetium napostaense* en condiciones de laboratorio.
- Evaluar la emergencia de las plántulas provenientes de diásporas expuestas al calor por diferentes tiempos, en condiciones de invernáculo.

## **MATERIALES Y METODOS**



### Características de *Piptochaetium napostaense*

*Piptochaetium napostaense*, (Speg.) Hackel (Figura 1), en Argentina, ocupa la zona central desde Catamarca hasta Río Negro (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005) y dentro de La Pampa en el centro-norte y sudeste (Cano, 1988) (Figura 2). Crece en suelos secos, arenosos o más pesados (franco arenoso). En esta región, es común encontrarla en los pastizales bajos de planicie, dentro del bosque de caldén y en los arbustales mixtos del centro y sudeste (Cano, 1988). En estos últimos es codominante con *Stipa tenuis*, representando más del 75% de la cobertura total (Distel y Fernández, 1987) y entre el 85 y 90% de la biomasa aérea (Cano *et al.*, 1985, 1988a, b y c).

Esta especie es una gramínea perenne, perteneciente a la tribu *Stipeae* con crecimiento invernal, germina y rebrota en marzo y su periodo vegetativo se extiende hasta octubre. Florece en noviembre y fructifica en diciembre (Chirino *et al.*, 1987) y posee cañas floríferas de 60 a 80 cm de altura (Cabrera, 1976) (Figura 3).

La dispersión de las diásporas (cariopsis + glumas) (Figura 4) ocurre en primavera tardía, de las cuales una parte se entierran en el suelo y el resto permanece en la broza sobre la superficie del suelo (Mayor *et al.*, 1999). El reclutamiento a partir de diásporas es una de las vías de obtención de nuevos individuos, aunque no ofrece mayores posibilidades en cuanto a su introducción al cultivo, por su baja capacidad de rendimiento y por presentar diásporas difíciles de cosechar y de sembrar, por lo que se debe favorecer su resiembra natural a través del manejo (Covas, 1983). Los antecios son muy agresivos debido a que poseen un antopodio punzante, por ello los ganaderos acostumbran a retirar la hacienda de los “flechillares” antes de su maduración (Rúgolo de Agrasar *et al.*, 2005).

La flechilla negra, es una especie de buena calidad forrajera, muy apetecida por el ganado (Cano, 1988), y si bien es resistente al pastoreo, bajo condiciones de

sobrepastoreo disminuye su potencial forrajero, vigor y persistencia, ocasionando su desaparición y reemplazo por otras de menor calidad (Morici *et al.*, 1996).

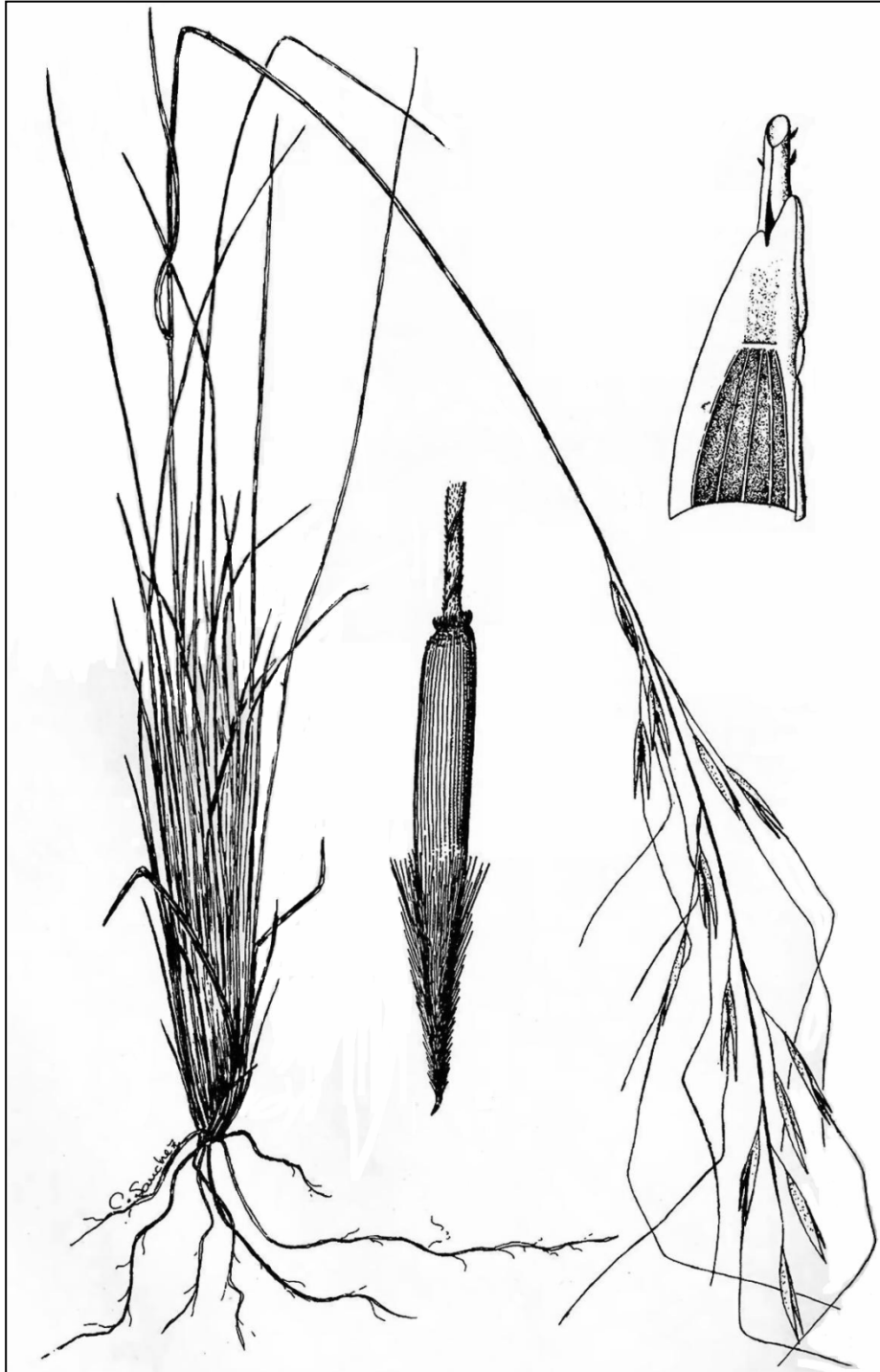


Figura 1: *Piptochaetium napostaense* (Cano, 1988).

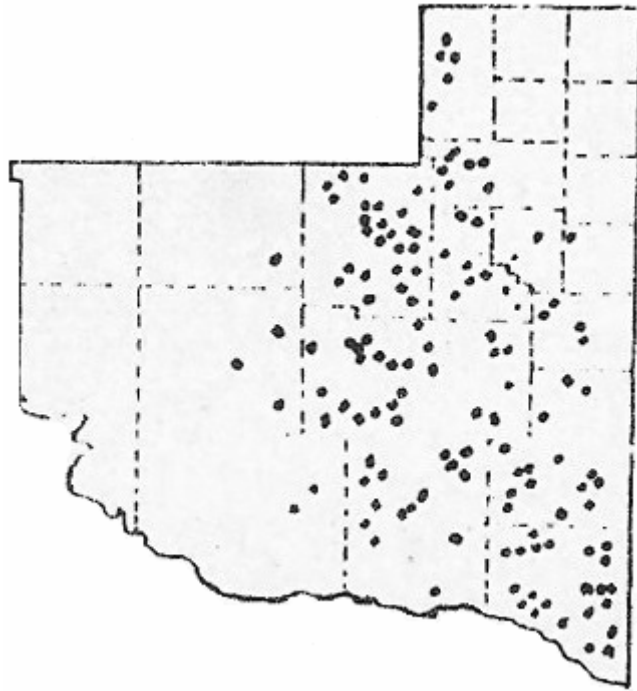


Figura 2: Distribución de *Piptochaetium napostaense* en la provincia de La Pampa (Cano, 1988).



Figura 3: Plantas de *Piptochaetium napostaense*.

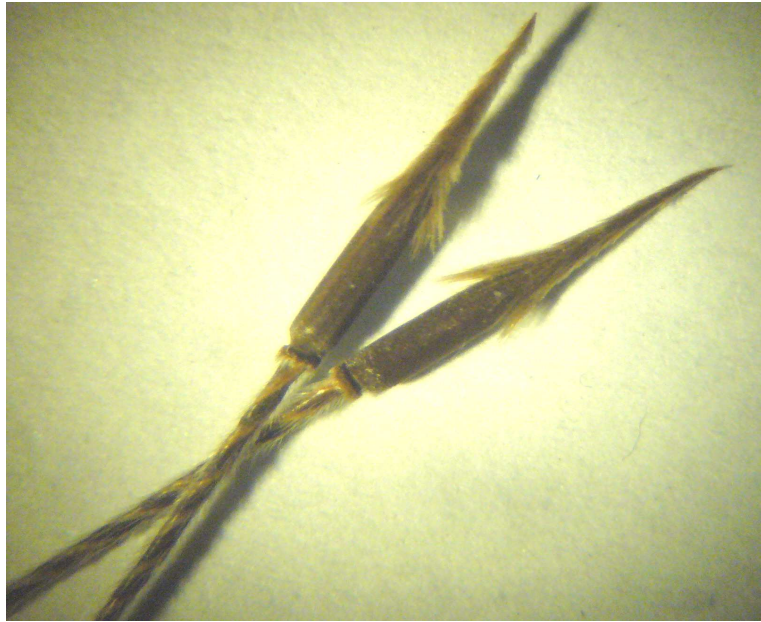


Figura 4: Diásporas de *Piptochaetium napostaense*.

#### Área de recolección de las semillas

Las diásporas de *Piptochaetium napostaense* fueron colectadas en la época de dispersión de las mismas en un área de caldenal que se encuentra en la región semiárida central de la provincia de La Pampa (Argentina) (Figura 5), a unos 40 kilómetros al noroeste de Santa Rosa, en el Establecimiento “Bajo Verde” propiedad de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa (36° 28’ 48’’ S, 64° 35’ 03’’ W, 235 msm). El clima es templado, con alta variabilidad en las precipitaciones, las cuales son de ocurrencia primavero-estivo-otoñales y sequías invernales. Estas zonas semiáridas se caracterizan además por presentar amplias fluctuaciones de temperatura (Casagrande y Conti, 1980). El suelo del sitio de recolección de semillas es del tipo haplustol éntico, familia franco gruesa, mixta, térmica, y de rápido drenaje (Peña Zubiato *et al.*, 1980).

El área fisonómicamente está dominada por un bosque abierto, caducifolio de *Prosopis caldenia* Burkart con pastizal mixto. En el estrato arbóreo como acompañantes suelen encontrarse además de caldén otras leñosas como: *Prosopis flexuosa* DC. var. *flexuosa*, *Geoffroea decorticans* (Gill. ex Hook. y Arn) Burkart, *Condalia microphylla* Cavanilles, *Lycium chilensis* Miers y *Ephedra triandra* Tul.



em J. H. Hunziker. El estrato graminoso–herbáceo está compuesto por especies forrajeras tales como *Piptochaetium napostaense*, *Poa ligularis* Nees ex Steudel y *Stipa tenuis* (Phil.); y por especies no forrajeras como *Stipa trichotoma* Nees., *S. ichu* Ruiz y Pav, *S. tenuissima* (Trin.) y *S. brachychaeta* (Gordón) (INTA *et al.*, 1980; Cano, 1988).

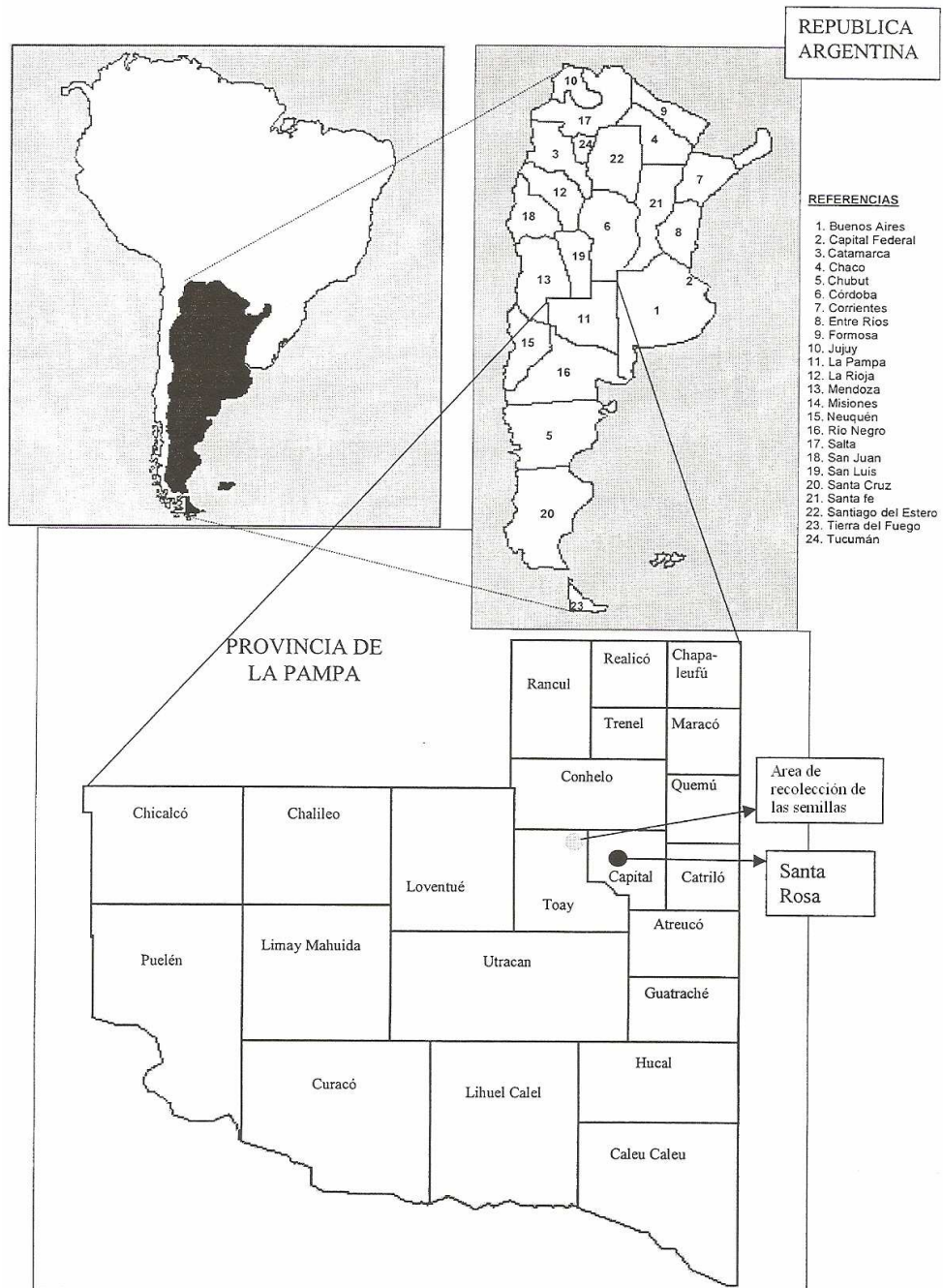


Figura 5: Ubicación del área de recolección de las semillas.

### Selección de las diásporas

Las diásporas cosechadas se seleccionaron por su color y tamaño, desechándose las muy claras y las muy pequeñas. También se descartaron las semillas que no presentaron consistencia al ejercerles una ligera presión. Las semillas fueron almacenadas en condiciones de baja humedad y a una temperatura aproximada de 20°C hasta el comienzo de los experimentos.

### Tratamientos

Del total de semillas colectadas se seleccionaron 4800 que fueron expuestas a diferentes tratamientos que resultan de la combinación de cinco niveles de temperatura y tres tiempos de exposición. Las temperaturas elegidas fueron: 70, 90, 120, 140 y 170 °C, y los tiempos de exposición: 5, 10 y 20 minutos; de manera de simular la situación en el suelo durante un fuego. Se incluyó además un grupo control (aquel en el que las semillas de flechilla negra fueron mantenidas a temperatura ambiente). Para cada combinación temperatura-tiempo y el control se utilizaron 60 semillas de 5 repeticiones cada una. Para aplicar los tratamientos, cada repetición de semillas fue colocada en una caja de Petri abierta, en una estufa de circulación forzada, la cual se dejó estabilizar hasta alcanzar la temperatura seleccionada unos diez minutos, para luego colocar las semillas.

### Germinación

Una vez realizados los tratamientos (incluyendo el control) se tomaron 20 semillas por repetición y se las colocaron en cajas de Petri, con una base de algodón y papel previamente esterilizados y humedecidos con agua destilada, para determinar el poder germinativo (Foto 1). Las cajas de Petri se distribuyeron al azar en una cámara en condiciones controladas de temperatura y luz: 20°C y luz durante 9 horas, seguidas de 15 horas en oscuridad a 10°C. Este es el rango de temperaturas requeridas para lograr el óptimo de germinación (Mayor *et al.*, 2007). Se consideraron semillas germinadas cuando se visualizó la aparición de la radícula. Las

cajas fueron examinadas cada 2 días durante 2 meses y cada semilla germinada fue contabilizada y removida.

### Tasa de germinación

La tasa de germinación (TG) se calculó como el porcentaje de germinación pesado, dando el máximo peso a las semillas que germinan primero y progresivamente menor a aquellas que germinan subsecuentemente (Reddy *et al.*, 1985).

$$TG = \frac{(t_{\text{final}} \times n_1 + t_{\text{final}-1} \times n_2 + t_{\text{final}-2} \times n_3 + \dots + 1 \times n_{\text{final}}) 100}{t_{\text{final}} \times N}$$

Donde:

$n_1, n_2, n_3, \dots, n_{\text{final}}$ : número de semillas que germinan en el 1°, 2°, 3° hasta el día final del tratamiento.

$t_{\text{final}}, t_{\text{final}-1}, t_{\text{final}-2}, \dots, 1$ : son los pesos (expresados como números de días) dados a las semillas que germinan en diferentes momentos.

N: es el número total de semillas puestas a germinar en cada caja de Petri.

Esta determinación se basa en que la competencia de las plántulas post-fuego es influenciada por los patrones de germinación relacionados con el calor experimentado por las semillas, donde la tasa de germinación es una medida de la capacidad de germinar antes que sus competidores (Hanley y Lamont, 2000).

### Viabilidad

Para el test de viabilidad se utilizaron un total de 10 semillas para cada combinación temperatura - tiempo de exposición. Las mismas fueron embebidas con agua destilada durante aproximadamente 20 horas y posteriormente se procedió a seccionarlas longitudinalmente a nivel del embrión y a sumergirlas en una solución

de cloruro de trifenil tetrazolio al 1 % durante 2 horas a 30°C. Luego se observó la tinción del embrión a través de lupa binocular y así se determinó si las semillas eran viables o no.

### Emergencia

Con el objeto de estimar la emergencia se distribuyeron en 6 macetas plásticas 30 semillas (5 semillas por maceta) por repetición para cada uno de los tratamientos y el control, cubriéndolas con suelo proveniente del área de recolección de las semillas, a fin de lograr una profundidad de siembra de 1 cm. Las macetas se distribuyeron al azar en un invernáculo donde se mantuvieron regadas a capacidad de campo y se examinaron periódicamente durante dos meses (Foto 2).

### Biomasa

A los 83 días de la siembra se procedió a la cosecha de las plántulas emergidas para la determinación de la biomasa de la parte aérea y radical. Se cortó la parte aérea y se lavaron las raíces minuciosamente eliminando restos de suelo. Luego se colocaron en sobres de papel y se llevaron a estufa a 65 °C hasta peso constante. Luego se procedió al pesado en balanza digital para determinar el peso seco de las plántulas.

Los resultados obtenidos de biomasa aérea y radical sólo se registraron para los controles y para las semillas sometidas a temperaturas de 70 y 90°C para los tiempos considerados (5, 10 y 20 min.) y a 120°C-5 min., debido a que en los restantes tratamientos hubo escasa o nula emergencia.

### Análisis de datos

El análisis de los datos se realizó mediante ANOVA, previa comprobación de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza. En el caso de los datos de viabilidad se usó la transformación arcoseno de x. Para la separación de las medias se utilizó el test de Tuckey al 5%.



La germinación de las semillas expuestas a temperaturas de 170°C y tiempo de exposición de 5, 10 o 20 minutos fue nula, en consecuencia, estos tratamientos no fueron incluidos en el análisis estadístico. De igual manera, no fueron considerados en el análisis los datos de los tratamientos a 140 y 170°C del test de viabilidad, ya que todas las semillas resultaron no viables, como así también los correspondientes a emergencia.



Foto 1: Disposición de las cajas de Petri para evaluar la germinación de *Piptochaetium napostaense*.



Foto 2: Disposición en invernáculo de las macetas para evaluar la emergencia de *Piptochaetium napostaense*.

## **RESULTADOS**

## Germinación

La germinación de *Piptochaetium napostaense* se vio afectada dependiendo de los tratamientos aplicados resultantes de la combinación de distintas temperaturas y tiempos de exposición (Figura 6).

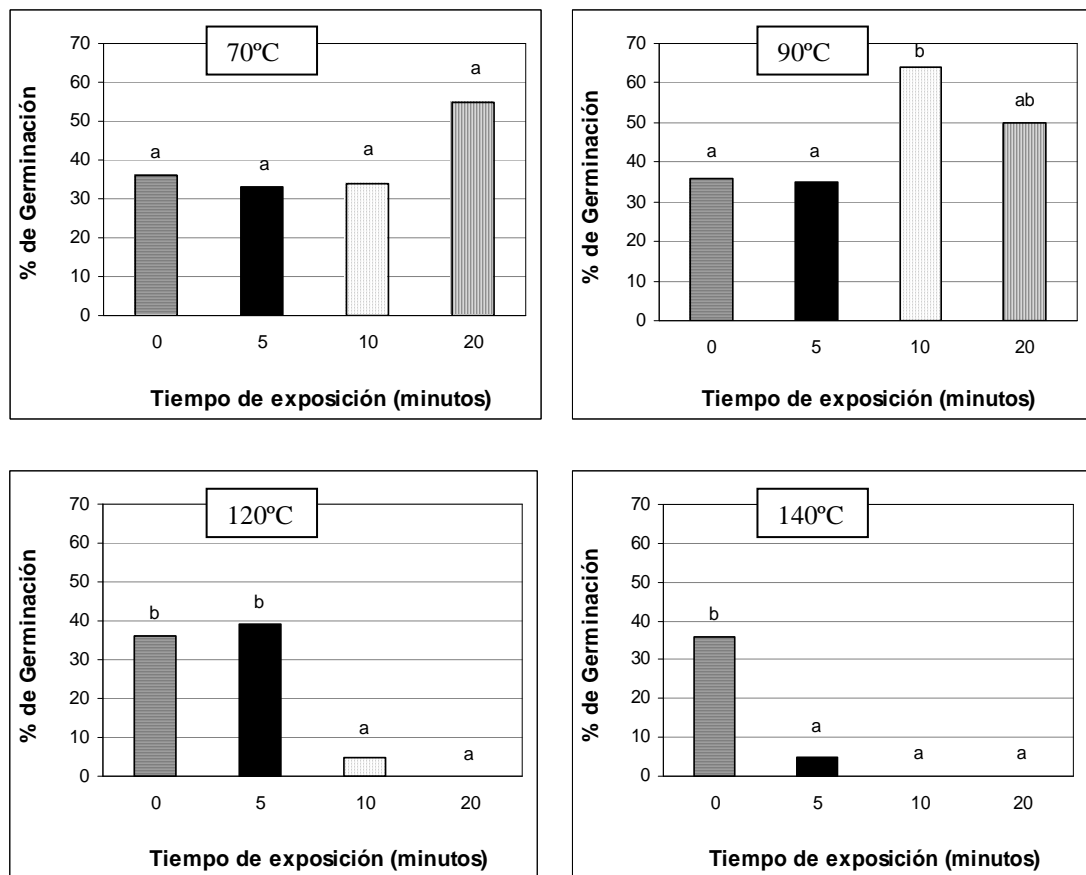


Figura 6: Porcentaje de germinación total de las semillas de *Piptochaetium napostaense* en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90, 120 y 140°C. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

El porcentaje máximo de germinación se alcanzó cuando las diásporas fueron sometidas a 90°C por 10 minutos con un 64 %, mientras que en el tratamiento denominado control fue del 36 %. Con menores tiempos o temperaturas las semillas respondieron de manera similar al grupo testigo, si bien cuando la exposición al calor

se prolongó durante 20 minutos los tratamientos de 70 y 90 °C tienden a estimular la germinación en un 53 y 39% respectivamente.

En general, temperaturas elevadas inhibieron significativamente la germinación de esta gramínea forrajera, especialmente en los tiempos de exposición más prolongados. Así, la misma fue reducida significativamente ( $p < 0.01$ ) en los tratamientos sometidos a 120°C cuando el tiempo de exposición se prolongó por 10 minutos en un 86%, mientras que no se observó germinación con una mayor duración.

De igual manera, la germinación presentó valores muy bajos en los tratamientos que llegaron a los 140°C-5 minutos de exposición, haciéndose nula cuando se incrementó el tiempo. En tanto que, el tratamiento de 170°C inhibió completamente la germinación de esta especie, por lo que no fueron incluidos en la Figura 6.

Por otra parte, con el objetivo de evaluar cambios en la evolución del porcentaje de germinación acumulado a través del tiempo, a partir de la Figura 7 se realizaron adicionalmente Anovas a los 14 y 62 días desde el inicio del ensayo de germinación. Se incluyeron como tratamientos el control, 70 y 90°C para los tres tiempos estudiados y 120°C-5'. En el caso del análisis a los 14 días se hallaron diferencias significativas ( $p < 0.01$ ), debido al bajo porcentaje del tratamiento de 120°C-5 minutos (7%) respecto a los otros, los cuales germinaron entre el 22 y el 43%. Mientras que a los 65 días estas diferencias desaparecen ( $p > 0.05$ ) porque va aumentando la velocidad de germinación de las semillas expuestas a 120°C-5' (Figura 7).

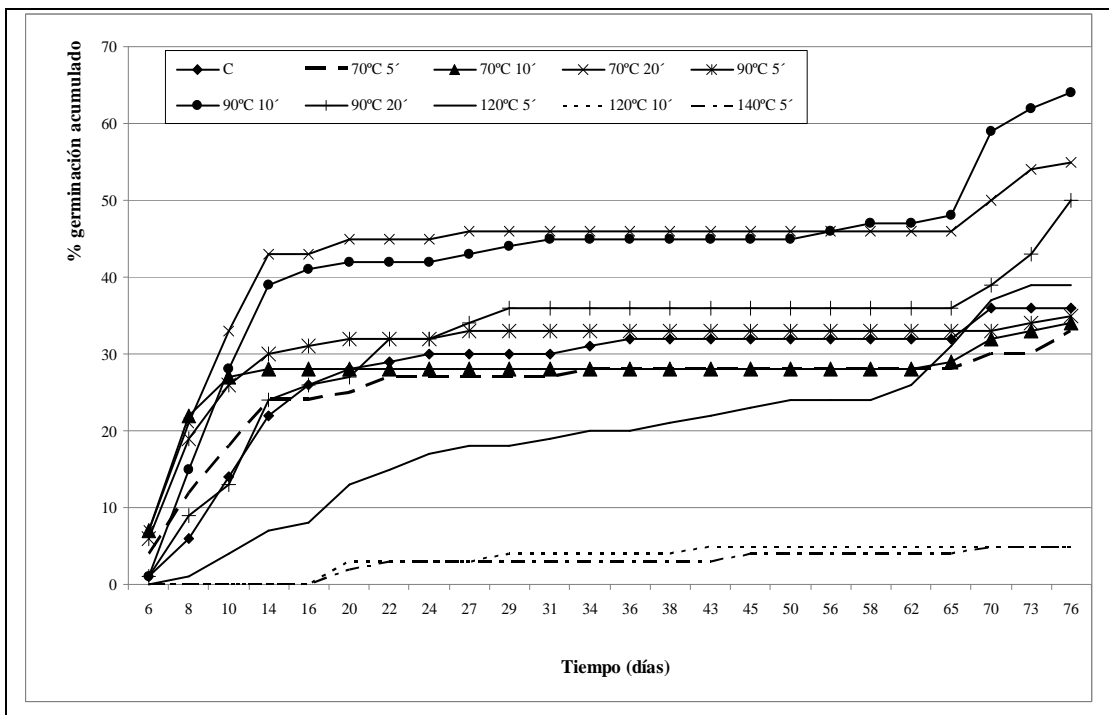


Figura 7: Evolución del porcentaje de germinación acumulado a través del tiempo de las semillas de *Piptochaetium napostaense* expuestas a diferentes tratamientos.

### Tasa de germinación

En la Figura 8 se presentan los valores de la tasa de germinación, excepto para las temperaturas de 140 y 170°C por ser muy bajas o no registrarse germinación. La misma se calculó a fin de cuantificar en que medida los tratamientos aplicados modifican la capacidad de las semillas de germinar rápidamente cuando éstas son colocadas en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

En tal sentido se encontró que la tasa de germinación aumentó significativamente ( $p < 0.05$ ) al tratar las semillas a 70°C durante 20 minutos un 53% respecto al grupo control. Mientras que en los tratamientos a 90°C no se detectaron diferencias ( $p = 0.21$ ), si bien se registró un aumento del 50% respecto del control para el tratamiento 90°C-10'; es decir que fue similar al de 70°C-20'.

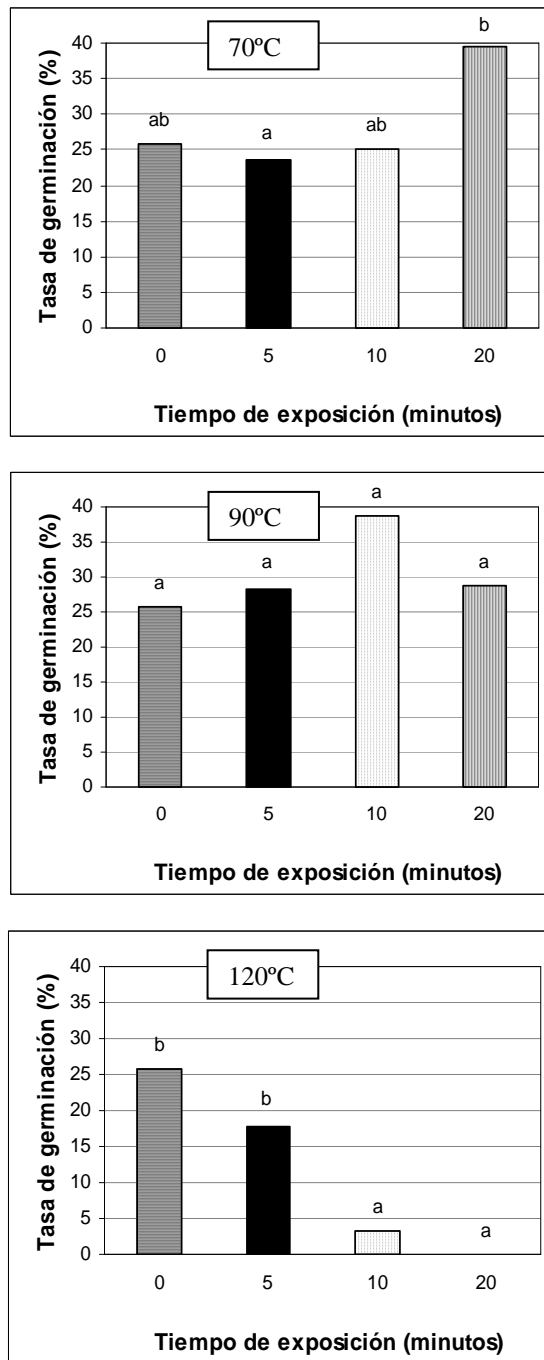


Figura 8: Tasa de germinación de las semillas de *Piptochaetium napostaense*, en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90 y 120°C. Se calculó como el porcentaje de germinación pesado. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

En lo que respecta a la tasa de germinación con temperaturas de 120°C, ésta resulta afectada negativamente ( $p < 0.01$ ) cuando la duración se prolonga por 10 o 20 minutos con valores del 3.2 % o cero respectivamente.

Al comparar gráficamente la tasa con el poder germinativo se observó que estos se comportan de manera similar (Figura 9). Sin embargo, cabe señalar que los máximos de ambos parámetros no ocurrieron a la misma combinación temperatura - tiempo de exposición (tasa: 70°C-20', poder germinativo: 90°C-10').

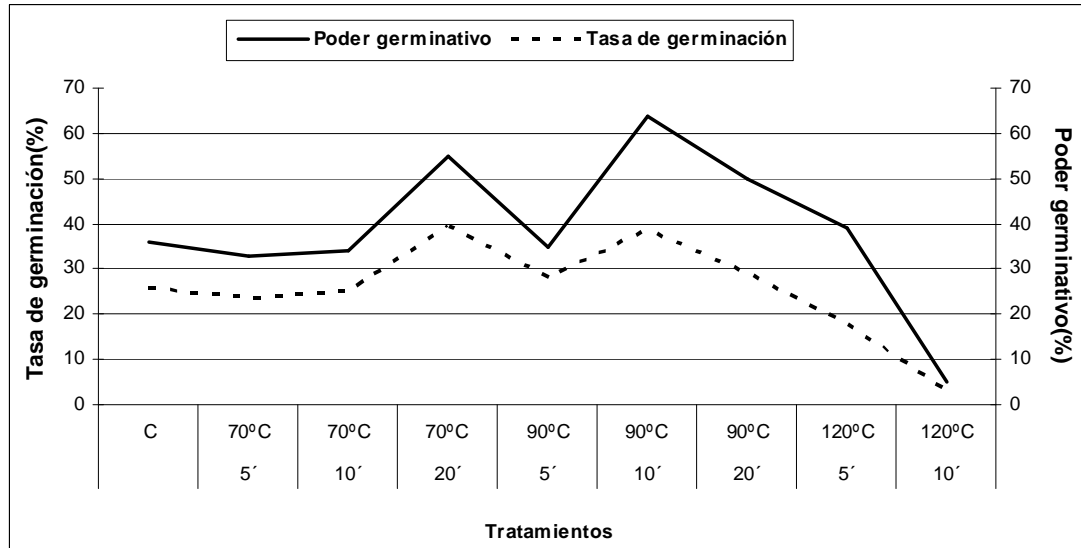


Figura 9: Comparación entre poder germinativo y tasa de germinación de las semillas de *Piptochaetium napostaense* expuestas a diferentes tratamientos.

### Viabilidad

En el test de viabilidad los cariopses de *Piptochaetium napostaense* que presentaron coloración roja en los tejidos del embrión por efecto del tetrazolio fueron considerados como viables, mientras aquellos que no presentaron coloración completa del mismo o sólo lucieron tenues se registraron como no viables (Foto 3).

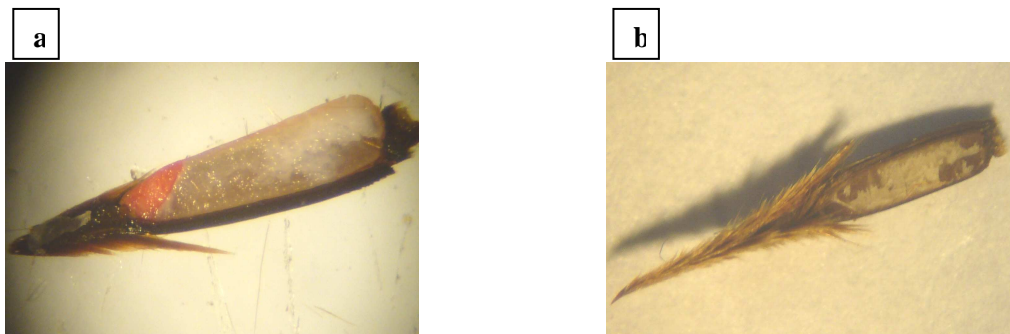


Foto 3: Cariopse de *Piptochaetium napostaense* viable (a) y no viable (b).

En general, se pudo observar que a medida que aumentaban la temperatura o duración de la exposición al calor la viabilidad de las semillas de *P. napostaense* se veía reducida. Los tratamientos a 140 y 170°C no fueron incluidos en el análisis y en la Figura 10 por presentar porcentajes de viabilidad muy bajos o cercanos a cero.

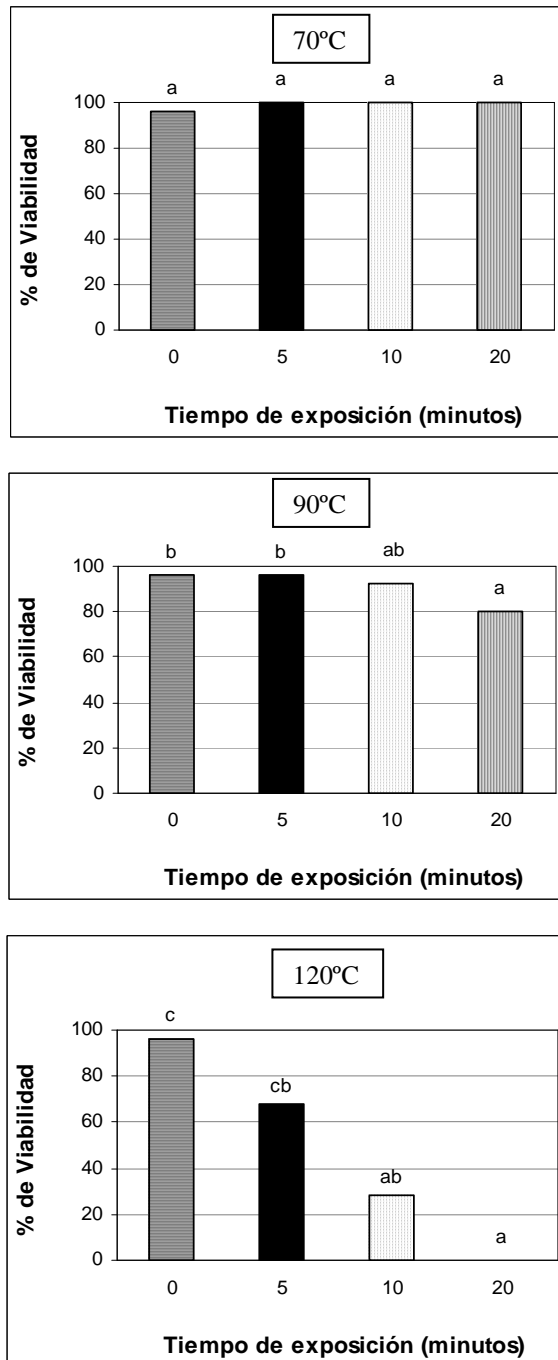


Figura 10: Porcentaje de viabilidad de las semillas de *Piptochaetium napostaense*, en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90 y 120°C. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).



Los máximos porcentajes de viabilidad de las semillas se obtuvieron en el control y cuando la temperatura no superó los 70°C independientemente del tiempo de exposición estudiado, con valores mayores al 95 %.

Las semillas sometidas a 90°C presentaron igual número de semillas viables que el control cuando los tiempos fueron de 5-10 minutos, sin embargo, una mayor duración del tratamiento redujo significativamente ( $p < 0.05$ ) la viabilidad de las semillas al 80%.

En tanto que, cuando la temperatura llegó a 120°C la viabilidad disminuyó al 68% con 5', pero al aumentar el tiempo los valores fueron del 28% y cero cuando el tratamiento al calor se prolongó por 10 ó 20 minutos respectivamente ( $p < 0.01$ ).

### Emergencia

A los 11 días desde la siembra emergieron las primeras plántulas de *P. napostaense*. El porcentaje promedio de plántulas establecidas para el ensayo fue del 10.9% (sin considerar los tratamientos a 140 y 170°C).

Los resultados no mostraron diferencias ( $p > 0.05$ ) en el número de plántulas emergidas promedio por maceta con respecto al control cuando las semillas fueron previamente expuestas a 70 o 90°C (Figura 11). En el tratamiento 120°C-5 minutos se contabilizó el mayor número de plántulas (1.2 plantas/maceta); mientras que en los controles el valor fue de 0.5 plantas/maceta.

Cuando se incrementó la temperatura o se prolongó el tiempo de exposición, la emergencia fue afectada ( $p < 0.01$ ) registrándose un número muy bajo, o no emergencia.

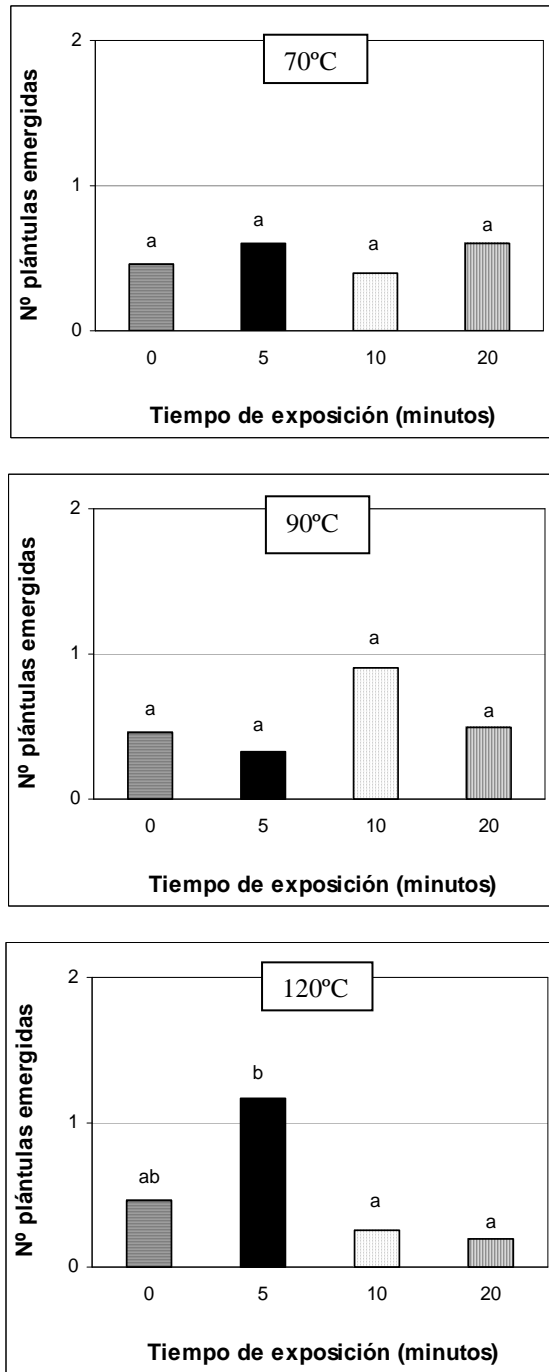


Figura 11: Número promedio de plántulas emergidas por maceta de *Piptochaetium napostaense*, en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90 y 120°C. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## Biomasa

A los 83 días de la siembra, momento en que se realizó la cosecha de las plántulas, el crecimiento tanto de la parte aérea como radical de *Piptochaetium napostaense* resultaron afectados por los tratamientos (tiempo-temperatura) aplicados (Figuras 12 y 13). Los resultados corresponden a las plántulas provenientes de las semillas previamente sometidas a temperaturas de 70 y 90°C para los tres tiempos considerados (5, 10 y 20 min.), 120°C-5 minutos, como así también para el caso de los controles, no habiendo emergencia, o sólo un muy bajo número de plántulas con escaso crecimiento en los restantes tratamientos.

Con respecto al peso seco de la parte aérea de las plántulas (Figura 12) hay que destacar que el valor máximo se registró por aquellas expuestas a 70°C - 5 minutos y fue de 412 mg/planta y no difiriendo del grupo control con valores cercanos a los 360 mg/planta al momento de la cosecha. Sin embargo, al aumentar el tiempo de exposición la biomasa disminuyó significativamente ( $p < 0.01$ ) en un 24 y 59% respecto al grupo control.

Asimismo el crecimiento aéreo de las plántulas provenientes de semillas expuestas a 90°C disminuyó con respecto a los controles ( $p < 0.01$ ). Una respuesta similar se comprobó para el tratamiento de 120°C- 5' con un peso de 92 mg/planta.

A partir del análisis de la biomasa radical de las plántulas de esta gramínea forrajera, también se pudo comprobar una respuesta diferencial dependiendo de la temperatura y duración de la exposición (Figura 13).

Las raíces provenientes de plántulas expuestas a 70°C y tiempos de exposición 5 y 10 minutos, mostraron valores similares a los controles, mientras que las plántulas de 70°C y 20' se redujo significativamente un 52%.

El crecimiento de las raíces disminuyó marcadamente ( $p < 0.01$ ) cuando las diásporas fueron expuestas previamente a 90 °C para los tres tiempos considerados y a 120°C-5 minutos. Estas respuestas se corresponden con las observadas para la parte aérea, con la sola excepción del tratamiento 70°C-10'.

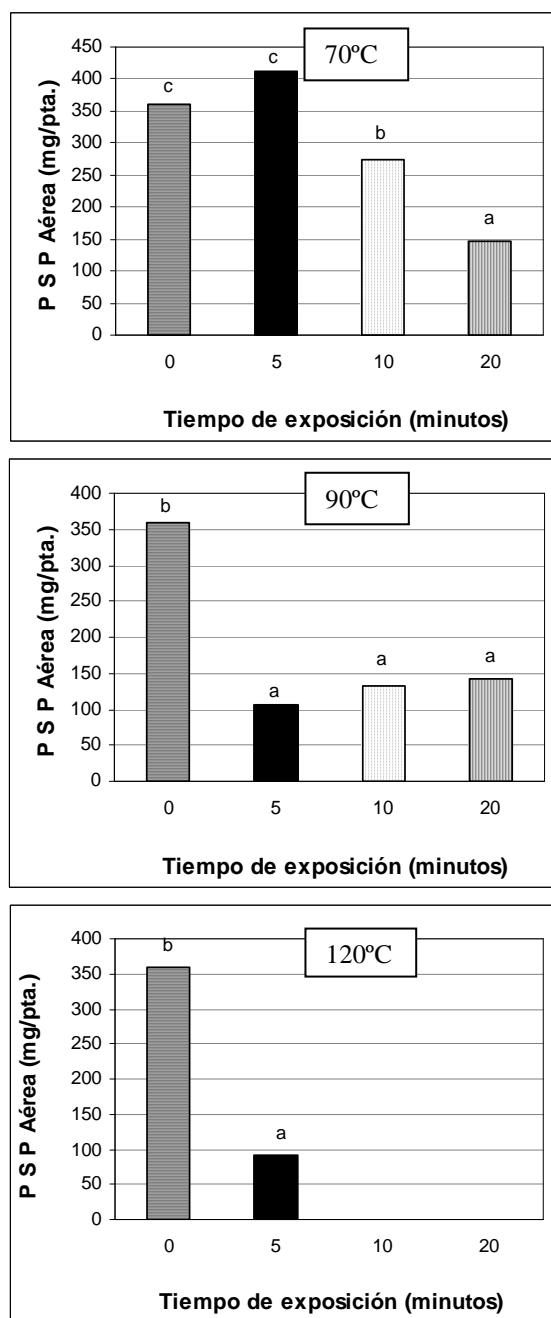


Figura 12: Peso seco de la parte aérea de las plántulas de *Piptochaetium napostaense* a los 83 días desde la siembra, en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90, 120 y 140°C. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

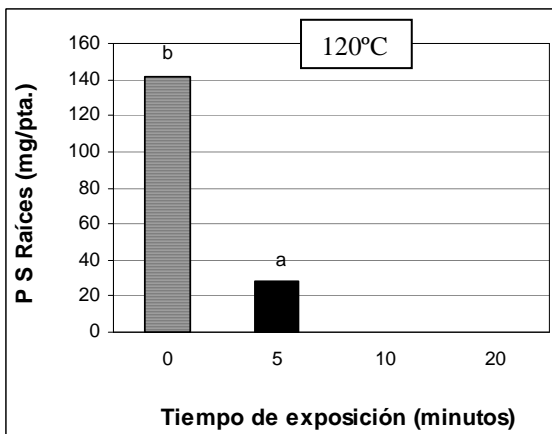
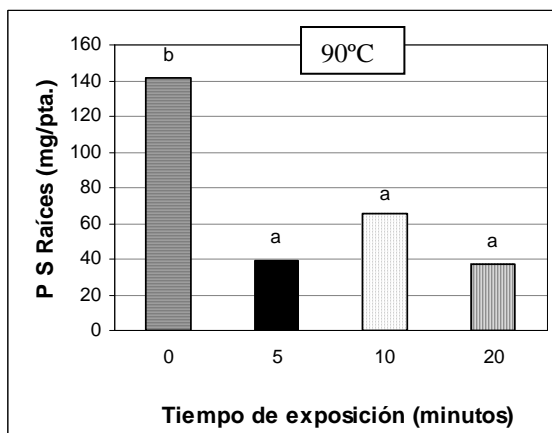
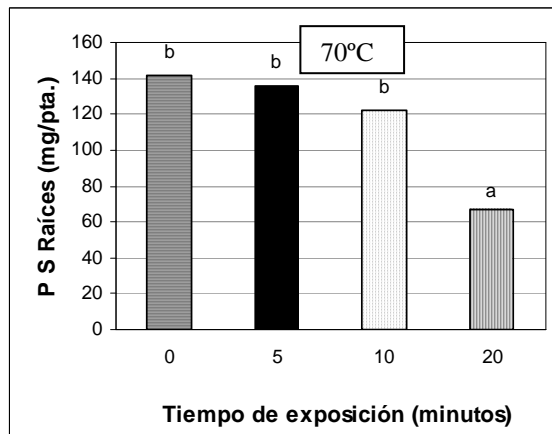


Figura 13: Peso seco radical de las plántulas de *Piptochaetium napostaense* a los 83 días desde la siembra, en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90 y 120°C. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

Además, se analizó el peso seco total (Figura 14). Los resultados mostraron un comportamiento similar al correspondiente a la parte aérea, con valores que variaron de 500 mg/plta. en el grupo control a 120 mg en plantas expuestas al tratamiento 120°C-5 minutos.

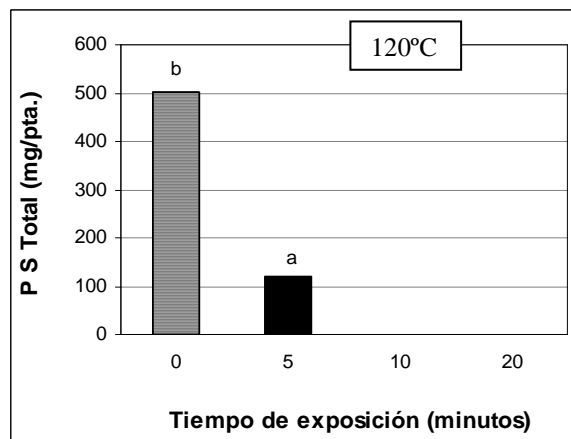
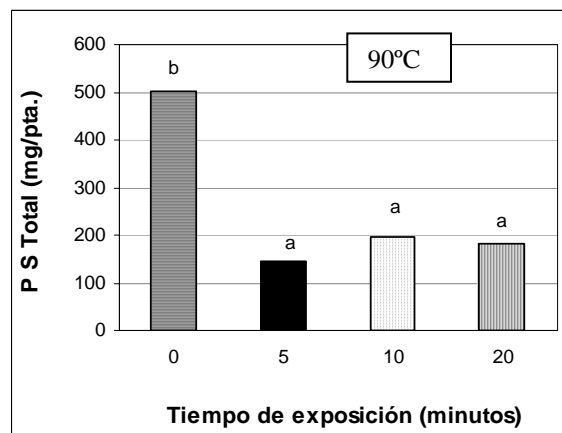
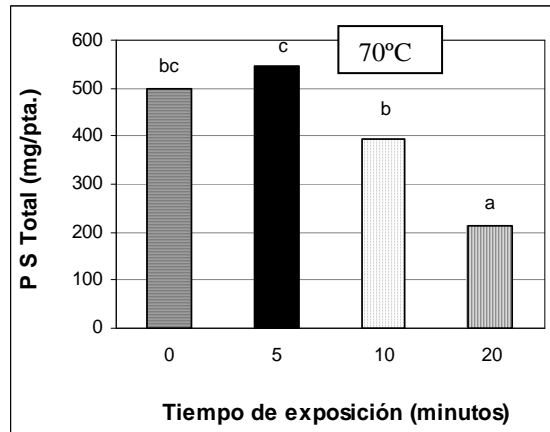


Figura 14: Peso seco total de las plántulas de *Piptochaetium napostaense*, en función del tiempo de exposición para cada temperatura: 70, 90 y 120°C. Letras distintas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ).

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos podría concluirse que el éxito de la germinación de la semillas de *Piptochaetium napostaense* dependerá de la combinación temperatura-tiempo. De manera general es posible decir que la germinación de las semillas de esta gramínea forrajera resulta estimulada por la exposición a temperaturas hasta 90°C por no más de 20' o bien requiere una menor duración a 120°C (5'). El aumento en la germinación a temperaturas relativamente bajas muestra que esta especie podría beneficiarse con pulsos de calor asociados al fuego. Asimismo, es interesante observar que las diásporas experimentaron una elevada mortalidad después de ser sometidas a altas temperaturas (140, 170°C) independientemente del tiempo. Es decir que las semillas de esta especie no toleran temperaturas elevadas especialmente con tiempos de exposición prolongados. Estos resultados se corresponden con otros obtenidos en otras especies (Auld y O'Connell, 1991; Hanley y Lamont, 2000; Hanley *et al.*, 2001; Gashaw y Michelsen, 2002).

Por otra parte, Paula y Pausas (2008) comprobaron en un análisis realizado en numerosas especies perennes, que las que se recuperan después del fuego a través de la germinación y del rebrote, se caracterizan por tener semillas con menor tolerancia al calor, como así también por presentar un menor estímulo en la germinación. Esta parecería ser la respuesta de flechilla negra.

Al examinarse además los efectos de los tratamientos sobre la tasa de germinación en vez de solamente sobre el porcentaje final, permitió detectar que los máximos de ambos parámetros ocurrieron a temperaturas ligeramente diferentes (tasa: 70°C-20', poder germinativo: 90°C-10'). Este comportamiento también ha sido observado en algunas de las especies estudiadas por Hanley y Lamont (2000). Así, cambios en la tasa de germinación relacionados a las temperaturas que experimentan las semillas durante un incendio, podrían afectar potencialmente el tiempo de emergencia de las plántulas. Dado que la germinación y posterior emergencia son etapas críticas en el establecimiento, el hecho de que la emergencia ocurra rápidamente después del fuego mejoraría la capacidad de acceder a los recursos disponibles, principalmente agua en ambientes áridos y semiáridos, y así crecer más rápido. En este estudio no se evaluó el tiempo de emergencia, pero sí el número final



de plántulas que emergieron, el cual resultó significativamente mayor en el tratamiento 120°C-5' respecto al grupo control.

En lo que respecta al crecimiento de las plántulas, éste se ve favorecido cuando las semillas sufren previamente temperaturas más bajas que las óptimas para la germinación. Es interesante notar que los mayores crecimientos en biomasa al momento de la cosecha (control, 70°C 5' y 10') no ocurrieron a la temperatura que indujo un incremento significativo en la germinación (90°C-10') o número de plántulas (120°C-5'). Un comportamiento similar de no correspondencia fue observado en plántulas de *Hippocrepis multisiliquosa* cosechadas a los 10 días, si bien el efecto del tratamiento desaparece en cosechas posteriores (Hanley *et al.*, 2001). Por su parte, Hanley y Fenner (1998) comprobaron una reducción en el crecimiento de las plántulas debido a la interacción temperatura-tiempo de exposición.

Estos resultados estarían indicando que la capacidad de las semillas de *P. napostaense* de sobrevivir al fuego dependería de la temperatura alcanzada a nivel del suelo y/o del grado de penetración del calor a través del mismo, el cual a su vez es influenciado por varios factores (Scifres, 1987; Bradstock *et al.*, 1992; Albanesi y Anriquez, 2003; Kunst y Bravo, 2003) y de la profundidad a la cual se encuentren las mismas en el suelo (Auld *et al.*, 2000). No obstante dadas las condiciones de semiaridez de la región donde comúnmente esta especie se distribuye, además de ser el verano el periodo de mayores probabilidades de ocurrencia de incendios, es factible que el suelo se encuentre con baja humedad, lo cual reduce la transmisión del calor hasta la profundidad de enterrado de las semillas, la cual llega hasta los 4 cm (Mayor *et al.*, 2007) y de esta manera no estarían sometidas a temperaturas muy elevadas. En tanto que las semillas que permanecen en la broza (Mayor *et al.*, 1999) podrían resultar las más afectadas por el fuego. Sin embargo, en el caso de quemas controladas, éstas se realizan cuando el suelo se encuentra húmedo, por lo que la evaporación del agua que se produce disminuiría el efecto de las altas temperaturas en las semillas que se encuentran enterradas (Bóo *et al.*, 1996).

Por otra parte, dado el hecho de que de *P. napostaense* presente semillas dormidas y que por acción del calor se rompa la dormición de algunas, esto permitirá la persistencia de la población después del disturbio.

En ambientes propensos a la ocurrencia de fuegos que son manejados con quemas controladas para reducir los riesgos de incendios accidentales, debe tenerse en cuenta la relación entre tiempo e intensidad del fuego y los efectos de éstos no sólo sobre las plantas sino también sobre el banco de semillas, el cual permitirá en parte la recuperación del pastizal.

Es de esperar que la prosecución de este ensayo y un acabado conocimiento de los factores que determinan la ocurrencia de reclutamiento de esta forrajera, permitan comprender mejor los efectos del fuego y generar información para la rehabilitación de los pastizales luego del mismo.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- Albanesi, A. y A. Anriquez. 2003. El fuego y el suelo. *En: Fuego en los ecosistemas argentinos*. Kunst, C.R., S. Bravo & J.L. Panigatti (eds). Ediciones INTA. Santiago del Estero. Argentina. pp. 47-59.
- Auld, T., D.A. Keith y R.A. Bradstock. 2000. Patterns in longevity of soil seedbanks in fire-prone communities of south-eastern Australia. *Australian Journal of Botany* 48:539-548.
- Auld, T.D. y M.A. O'Connell. 1991. Predicting patterns of pos-fire germination in 35 eastern Australian Fabaceae. *Australian Journal of Ecology* 16:53-70.
- Blodgett, H., G. Hart y M. Stanilaw. 2000. Annual burning decreases seed density in the upper soil layers of the seed bank. *Tillers* 2:31-38.
- Bóo, R.M., D.V. Pelaez, S.C. Bunting, O.R. Elia y M.D. Mayor. 1996. Effect of fire on grasses in central semi-arid Argentina. *Journal of Arid Environments* 32:259-269.
- Bradstock, R.A. y T.D. Auld. 1995. Soil temperatures during experimental bushfires in relation to fire intensity: consequences for legume germination and fire management in south-eastern Australia. *Journal of Applied Ecology* 32:76-84.
- Bradstock, R.A., T.D. Auld, M.E. Ellis y J.S. Cohn. 1992. Soil temperatures during bushfires in semiarid mallee shrublands. *Australian Journal of Ecology* 17:433-440.
- Bravo, S., A.M. Jiménez, C. Kunst y G. Moglia. 2003. El fuego y las plantas. *En: Fuego en los ecosistemas argentinos*. Kunst, C.R., S. Bravo y J.L. Panigatti (eds). Ediciones INTA. Santiago del Estero. Argentina. pp. 61-70.
- Cabeza, C.E. 1989. Efecto del déficit hídrico en la germinación, emergencia y crecimiento de plántulas de algunas gramíneas forrajeras nativas de Argentina, presentes en la provincia de La Pampa. Tesis de Magíster. Universidad Nacional del Sur. 100 pp.
- Cabrera, A. 1976. Regiones fitogeográficas argentinas. *Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería*. Tomo II, Fasc. 2. Acme. Buenos Aires. Argentina. 90 pp.
- Cano, E. 1988. Pastizales naturales de La Pampa. Descripción de las especies más importantes. Tomo I. Convenio AACREA - Provincia de La Pampa, Argentina. pp. 215-269.
- Cano, E., H.D. Estelrich y H. Holgado. 1985. Acción del fuego en los estratos gramínicos y arbustivos de un bosque de caldén. *Revista Facultad de Agronomía UNLPam*. 1:81-95.

- Cano, E., D. Estelrich y B. Fernández. 1988a. Fitomasa aérea acumulada en pastizales de gramíneas bajas del centro y sudeste de La Pampa. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam.* 3:75-84.
- Cano, E., D. Estelrich y B. Fernández. 1988b. Disponibilidad forrajera en un arbustal de *Larrea divaricata* en el sudeste de La Pampa - Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam.* 3:97-104.
- Cano, E., D. Estelrich, B. Fernández y E. Morici. 1988c. Tres pastizales ubicados en una catena topográfica en el sudeste La Pampa - Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía UNLPam.* 3:85-95.
- Casagrande, G. y H. Conti. 1980. Clima de la Provincia de La Pampa. *En: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa.* INTA- Prov. de La Pampa- Facultad de Agronomía. 493 pp.
- Chirino, C., K.M. Norlander Grahn y L.E. Robles. 1987. Determinación de proteína bruta en algunas especies forrajeras de La Pampa. Trabajo final de graduación. Facultad de Agronomía. UNLPam.
- Covas, G. 1983. Posibilidades de introducción de nuevos recursos forrajeros y necesidad de acopio de germoplasma de los mismos y de las especies forrajeras ya cultivadas en la región pampeana semiárida. *Agrarius.* 2: 44-47.
- DeBano, L.F., D.G. Neary y P.F. Folliott. 1998. *Fire's effects on ecosystems.* John Wiley y Sons, Inc. 323 pp.
- Distel, R.A. y O.A. Fernández. 1987. Leaf water potential trends in the three grasses native to semiarid Argentina. *Journal of Range Management* 40:203-207.
- Distel, R.A., D.V. Peláez y O.A. Fernández. 1992. Germination of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel and *Stipa tenuis* Phil. and seedling survival under field conditions. *Rangeland Journal* 14:49-55.
- Ernst, R., C. Chirino, E. Morici, C. Suárez, A. Kin y A. Sosa. 2007. Recuperación a partir del banco de semillas del estrato herbáceo de un arbustal semiárido de La Pampa (Argentina). IV Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales. I Congreso del MERCOSUR sobre Manejo de Pastizales Naturales. Villa Mercedes, San Luis, Argentina. 9-11 de Agosto de 2007. pp. 38.
- Fernandez B., E. Morici., H. Esterlich y C. Chirino. 2001. Efecto de la quema controlada sobre la estructura de la comunidad y el banco de semillas de especies gramíneas en

- el bosque de caldén. Actas 1º Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales Naturales. San Cristóbal. Santa Fe. pp. 65-66.
- Frecentese, M.A. y R. Milne. 1990. Efecto del fuego sobre un arbustal con predominio de jarillas (*Larrea* sp) y pajonal asociado (*Stipa* sp), en el Parque Nacional Lihue Calel (La Pampa, Argentina). Revista de la Facultad de Agronomía. UNLPam. 5:93-104.
- Gashaw, M. y A. Michelsen. 2002. Influence of heat shock on seed germination of plants from regularly burnt savanna woodlands and grasslands in Ethiopia. Plant Ecology 159:83-93.
- Gleadow, R.M. y I. Narayan. 2007. Temperature thresholds for germination and survival of *Pittosporum undulatum*: implications for management by fire. Acta Oecologica 31:151-157.
- Hanley, M.E. y B.B. Lamont. 2000. Heat pre-treatment and the germination of soil- and canopy-stored seeds of south-western Australian species. Acta Oecologica 21:315-321.
- Hanley, M.E. y M. Fenner. 1998. Pre-germination temperature and the survivorship and onward growth of Mediterranean fire-following plant species. Acta Oecologica 19:181-187.
- Hanley, M.E., M. Fenner y G. Ne'eman. 2001. Pregermination heat shock and seedling growth of fire-following Fabaceae from four Mediterranean-climate regions. Acta Oecologica 22:315-320.
- Harper, J.L. 1990. Population biology of plants. Academic Press. 892 pp.
- INTA, Gobierno de La Pampa y Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de La Pampa, Buenos Aires. 493 pp.
- Kunst, C. y S. Bravo. 2003. Fuego, calor y temperatura. En: Fuego en los ecosistemas argentinos. Kunst, C. R., S. Bravo y J.L. Panigatti (eds). Ediciones INTA. Santiago del Estero. Argentina. pp. 39-45.
- Luna, B., J.M. Moreno, A. Cruz y F. Fernández-González. 2007. Heat-shock and seed germination of a group of Mediterranean plant species growing in a burned area: An approach based on plant functional types. Environmental and Experimental Botany 60:324-333.

- Maquieyra, C., G. Schiavi, O. Zingaretti, V. Zorzi y A.E. Cano. 1985. Efecto de un fuego controlado en los estratos gramíneos y leñosos de un bosque de *Prosopis caldenia*. Revista Facultad de Agronomía UNLPam 4:61-72.
- Mayor, M.D., R.M. Bóo, D.V. Peláez y O.R. Elía. 1999. Soil seed bank variation with depth in the Province of La Pampa, Argentina. *Phyton* 64:141-148.
- Mayor, M.D., R.M. Bóo, D.V. Peláez y O.R. Elía. 2003. Seasonal variation of the soil seed bank of grasses in central Argentina as related to grazing and shrub cover. *Journal of Arid Environments* 53:467-477.
- Mayor, M.D., R.M. Boó, D.V. Peláez, O.R. Elía y M.A. Tomás. 2007. Influence of shrub cover on germination, dormancy and viability of buried and unburied seeds of *Piptochaetium napostaense* (Speg.) Hackel. *Journal of Arid Environments* 68:509-521.
- Morici, E.F.A. 2006. Efectos de la estructura sobre el banco de semillas de gramíneas en el bosque de caldén de la provincia de La Pampa. Tesis doctoral. UNLPam. Universidad de Córdoba. 143 pp.
- Morici, E.F.A., C. Chirino, B. Fernandez y D. Estelrich. 1996. Aplicación del modelo de estados y transiciones en los pastizales de la Región Semiárida Pampeana. *En: Actas de la VI Jornadas Pampeanas de Ciencias Naturales*. pp. 167-172.
- Odgers, B.M. 1996. Fire, buried germinable seed banks and grass species establishment in an urban eucalyptus forest reserve. *Australian Journal of Botany* 44:413-419.
- Overbeck, G.E. S.C. Müller, V.D. Pillar y J. Pfadenhauer. 2006. No heat-stimulated germination found in herbaceous species from burned subtropical grassland. *Plant Ecology* 184:237-243.
- Paula, S. y J.G. Pausas. 2008. Burning seeds: germinative response to heat treatments in relation to resprouting ability. *Journal of Ecology* 96:543-552.
- Peña Zubiate, C.A., D. Maldonado Pinedo, H. Martínez y R. Hevia. 1980. Suelos de la Provincia de La Pampa. *En: Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la Provincia de La Pampa*. INTA- Prov. de La Pampa- Facultad de Agronomía (eds). 493 pp.
- Reddy, L.V., R.J. Metzger y T.M. Ching. 1985. Effect of temperature on seed dormancy of wheat. *Crop Science* 25:455-458.

- Rúgolo de Agrasar, Z.E., P.E. Steibel y H.O. Troiani. 2005. Manual ilustrado de las gramíneas de la provincia de La Pampa. Universidad Nacional de La Pampa y Universidad Nacional de Río Cuarto (eds). 374 pp.
- Sala, O.E y M.R. Aguiar. 1995. Origin, maintenance and ecosystem effect of vegetation patches in arid lands. Presented at the Fifth International Rangeland Congress (Salt Lake City, Utah, July 1995).
- Scifres, C. 1987. Fire effect on soils. *In*: Prescribed burning for brushland management. The South Texas example. Chapter 5. pp. 53-65.
- Thomas, P.B., E.C. Morris y T.D. Auld. 2003. Interactive effects of heat shock and smoke on germination of nine species forming soil seed banks within the Sydney region. *Austral Ecology* 28:674-683.
- Thompson, K. y J.P. Grime. 1979. Seasonal variation in seed banks of herbaceous species in ten contrasting habitats. *Journal of Ecology* 67:893-921.