

Efecto de las altas temperaturas en la germinación de *Fabaceae* forrajeras de las Sierras Chicas de Córdoba, Argentina¹

Jimena Elisa Martinat² & Elsa Fuentes²

¹Parte de la tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias Mención Tecnología de Semillas, de la primera autora. Escuela para Graduados de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

²Herbario ACOR y Botánica Taxonómica, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba. CC 509, 5000 Córdoba, Argentina. jmartinat@agro.unc.edu.ar

Recebido em 17.II.2014

Aceito em 01.II.2016

RESUMO – Em ambientes de montanha de Córdoba, Argentina, afetada por incêndios, *Galactia latisiliqua* Desv. var. *latisiliqua* e *Rhynchosia edulis* Griseb são recursos forrageiros nativos com sementes duras, que aparecem entre as primeiras ervas para recuperar após o fogo. A exposição das sementes aos choques térmicos de 60 e 90 °C aumentou as taxas de germinação em comparação com os controles; a exposição a 120 °C reduziu as taxas de germinação perto de zero. *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* tem uma elevada percentagem da viabilidade global (89 %) e a aplicação do choque térmico de 90 °C aumenta em 15-16 % a germinação em comparação com a não tratada (65 %). *Rhynchosia edulis*, com percentagens mais baixas de viabilidade global (78 %) do que a espécie anterior, atinge taxas de germinação 9-10 % maiores do que o controle (37 %) durante o tratamento com um choque térmico de 60 °C.

Palavras-chave: *Galactia*, germinação, pós-fogo, *Rhynchosia*, sementes

ABSTRACT – Effect of high temperatures on germination of forage *Fabaceae* from the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina. In mountain environments of Córdoba-Argentina, which are fire-prone areas, *Galactia latisiliqua* Desv. var. *latisiliqua* and *Rhynchosia edulis* Griseb. Are native forage resources with hard seeds that are among the first forbs to recover after fires. The heat shock of 60 and 90 °C increased germination compared to controls. Exposure to 120 °C decreased germination to near zero. *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* has a high viability (89 %) and 90 °C increases between 15-16 % the seed germination compared to those without treatment (65 %). *Rhynchosia edulis*, with lower overall viability (78 %) than the previous species, reaches germination rates 9-10 % greater than the control (37 %) with a heat shock of 60 °C.

Keywords: *Galactia*, germination, post-fire, *Rhynchosia*, seeds

INTRODUCCIÓN

El fuego es un factor de alto impacto que influencia la estructura y función de numerosos ecosistemas del mundo y actúa como un agente de selección de la persistencia y regeneración de las distintas formas biológicas (Lamont & Downes 2011, Pausas & Schwilk 2012).

En ambientes sujetos a fuego, la regeneración de las especies vegetales depende de sus rasgos funcionales y de la historia de uso del suelo (Duguy & Vallejo 2008). En particular, de la capacidad de recuperación de órganos subterráneos; del rebrote de yemas; de la ubicación en el suelo, viabilidad y capacidad de germinación de las semillas; entre otros (Buhk & Hensen 2006, Buhk *et al.* 2007, Lamont & Downes 2011).

La germinación, puede ser facilitada por las altas temperaturas y por el humo generado durante los incendios (Downes *et al.* 2010, Moreira *et al.* 2010, Tavsanoglu 2011). Estos factores son capaces de romper la latencia física de las cubiertas de las llamadas semillas duras, permitiendo la imbibición del agua y la germinación cuando las condiciones son las adecuadas (Chou *et al.* 2012).

Los umbrales de temperatura que rompen la dormición de las semillas constituyen un atributo para la identificación

de tipos funcionales: pirógenos obligados y facultativos (Ooi *et al.* 2014). La tolerancia de las semillas a las altas temperaturas tiene una influencia considerable sobre el desarrollo de las plantas luego de un incendio (Hanley *et al.* 2003).

Las estrategias de gestión para mantener la biodiversidad en los ecosistemas propensos a incendios dependen de la comprensión de la relación entre los efectos del fuego y la germinación (Baeza & Roy 2008, Santana *et al.* 2010), por esta razón han sido ampliamente estudiadas en experimentos de laboratorio y de campo (García *et al.* 2010, Menezes & Rossi 2011, Ribeiro *et al.* 2013).

Numerosos trabajos han demostrado que la aplicación de choques térmicos entre los 50 °C y 150 °C, a intervalos de 5 y 10 minutos, estimulan, reducen o impiden la germinación de las semillas según las especies (Shaukat & Burhan 2000, Williams *et al.* 2003, Madueño-Molina *et al.* 2006, Paula & Pausas 2008, Bolin 2009, Cruz Medina & Orozco-Almanza 2010, Haider Ali *et al.* 2011).

Estudios en ecosistemas argentinos (Kunst *et al.* 2003) indican que, en fuegos de pastizales, las temperaturas máximas promedio observadas en el primer centímetro de suelo son de 60 - 80 °C para combustibles finos, mientras que los cambios a mayor profundidad son despreciables.

En fuegos de combustibles gruesos, a 2,5 cm del suelo las temperaturas varían entre 90 y 195 °C, alcanzando un valor de 50 °C a los 5 cm. En las Sierras Chicas de Córdoba (Argentina) el régimen de fuego en las últimas décadas, ha sido modificado por actividades antrópicas y evidencia intensidades más severas y mayor ocurrencia al final de la estación seca. Estos cambios, asociados a la ganadería de cría, comprometen la recuperación de los hábitats.

Las especies forrajeras de Fabaceae y Poaceae representan el 19 % del total de los taxones censados en el post-fuego de áreas serranas de Córdoba con incendios recurrentes (Fuentes *et al.* 2009). Entre las Fabáceas herbáceas más consumidas por los animales y promisorios recursos forrajeros, están *Galactia latisiliqua* Desv. var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis* Griseb., especies que aparecen entre las primeras en recuperarse luego de los incendios (Fuentes *et al.* 2011). El sistema de ramificación, la presencia y estructura de raíces adventicias, la zona de innovación de estos taxones, aspectos relevantes para predecir la respuesta y sobrevivencia a la herbivoría, a las quemaduras rasantes y al déficit hídrico (Bond & van Wilgen 1996, Montenegro *et al.* 2003), han sido estudiado por diversos autores (Weberling *et al.* 2002, Kraus & Basconsuelo 2009); sin embargo, no se registran antecedentes acerca de la tolerancia de las semillas de estas forrajeras nativas a las altas temperaturas (Martinat 2012).

Galactia latisiliqua var. *latisiliqua* es originaria de Sudamérica cálida occidental, se distribuye desde las Guayanas hasta el centro de la Argentina y el Uruguay. Es una planta herbácea perenne, rara vez arbustiva, erecta o ascendente, trepadora, de menos de 1 m de altura (Burkart 1971, Polhill & Raven 1981, Burkart 1987).

Rhynchosia edulis es originaria de Sudamérica cálida, encontrándose desde el Sur de Estados Unidos de Norte América hasta el norte de Argentina (Zuloaga *et al.* 2011). Es una planta herbácea perenne, voluble, que trepa hasta 2,5 m de altura (Polhill & Raven 1981, Fortunato 1983, Burkart 1987, de la Peña & Pensiero 2004). Ambos taxones, poseen semillas duras y, como para la generalidad de las leguminosas, el letargo termina en el momento en que las cubiertas seminales se agrietan o debilitan por diversas acciones (Baskin & Baskin 2004, Galussi 2005, Haider Ali *et al.* 2011).

El objetivo de este trabajo es evaluar en laboratorio el efecto de choques térmicos en la germinación y viabilidad de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y de *Rhynchosia edulis*, Fabaceae forrajeras nativas de las Sierras Chicas de Córdoba. Este estudio constituye el primer aporte para comprender el impacto que los incendios tienen sobre los procesos de germinación y la capacidad de resiliencia de leguminosas forrajeras, en campos de sierra donde la cría de ganado es una práctica frecuente.

MATERIAL Y MÉTODOS

Legumbres maduras de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y de *Rhynchosia edulis* (Fabaceae, Faboideae,

Phaseoleae) fueron recolectadas al azar durante los meses de noviembre de 2009 a abril de 2010, realizando un pool de semillas provenientes de la totalidad de individuos que crecen en laderas bajas (500-900 m s.m.) de las Sierras Chicas (31° 28'-31° S, 64° 26'-31° O), Depto. Santa María, Córdoba, Argentina. Esta zona posee suelos de textura arenosa franca con escaso desarrollo, un clima semi-húmedo en verano (28-36 °C) y semiseco en invierno (8-14 °C) con frecuentes heladas (-2 a -6 °C), y una precipitación anual entre 700-900 mm. Está comprendida fitogeográficamente en el Distrito Chaqueño Serrano y corresponde a un Bosque Serrano abierto, secundario y degradado por el sobrepastoreo y los incendios recurrentes, entre otros (Atala *et al.* 2005).

Las semillas, separadas de sus frutos y conformando una muestra única por especie, fueron preservadas en bolsas de papel, a temperatura ambiente, en oscuridad y lugar seco, hasta el momento de su utilización. Ejemplares representativos de los taxones evaluados y sus correspondientes semillas fueron depositados, para su documentación, en el herbario ACOR de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Las semillas, distribuidas uniformemente en cajas de Petri de vidrio, fueron expuestas en estufa eléctrica, a 60, 90 y 120 °C durante tiempos de aplicación de 5 y 10 minutos para cada temperatura. Se trabajó con 100 semillas distribuidas en 4 repeticiones para cada tratamiento, en los dos taxones evaluados. Cuando las semillas recuperaron la temperatura ambiente, se agregaron 100 semillas sin tratamiento (testigo) y se realizaron los ensayos de germinación. Se utilizaron bandejas plásticas con papel absorbente humedecido con agua corriente y cubiertas por bolsas de polietileno. Las mismas se mantuvieron en cámara de germinación con alternancia de temperatura de 20-30 °C y 8 horas de luz, considerando las especificaciones establecidas por las reglas ISTA (2010) para especies taxonómicamente próximas a las evaluadas, o bien con características de semillas duras. Las bandejas de todos los tratamientos y especies, fueron examinadas diariamente hasta el día 15 a partir de la siembra. Se evaluó la germinación fisiológica *sensu stricto*, es decir, extrusión de la radícula embrional a través de la cubierta seminal, con un largo mínimo de 2 mm (Madueño-Molina *et al.* 2006, Toniutti & Fornasero 2008). Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas germinadas.

Las semillas no germinadas hacia el final del ensayo, se clasificaron en distintas categorías siguiendo los criterios establecidos en ISTA (2010). Se consideraron: i- semillas duras; ii- semillas frescas; iii- semillas muertas.

Con las semillas categoría i y ii se determinó la viabilidad mediante la prueba de tetrazolio (ISTA 2010), para especies taxonómicamente cercanas a las evaluadas en el presente trabajo. Para determinar los diferentes niveles de viabilidad, se trabajó con tablas estandarizadas de patrones de viabilidad empleados para la prueba topográfica

por tetrazolio, en la evaluación de semillas pequeñas de *Fabaceae* (Craviotto & Arango Perearnau 2007). Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas viables en relación al número total de semillas sometidas a la prueba de tetrazolio.

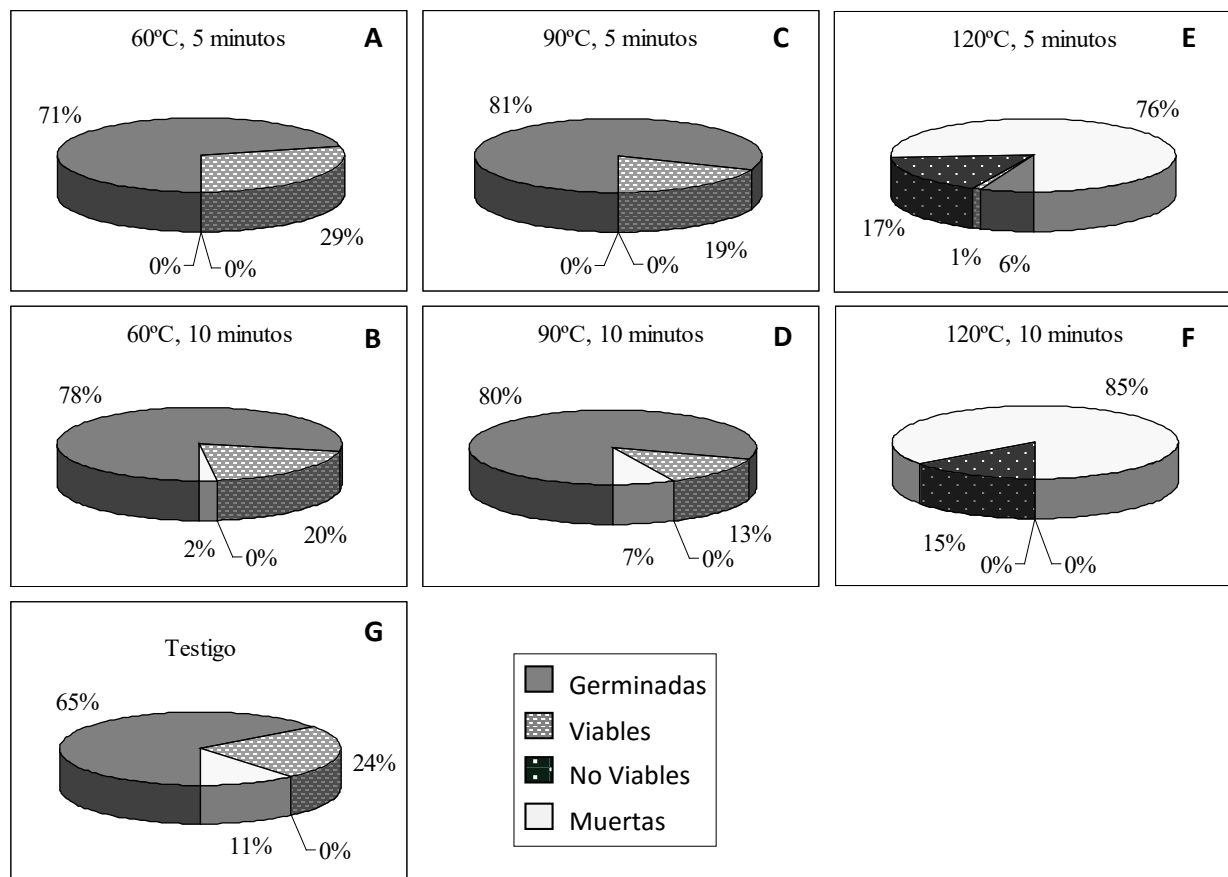
Para cada especie estudiada se realizó un análisis integral de los resultados obtenidos en los ensayos de germinación y de viabilidad, incorporándose las semillas no germinadas y que no fueron sometidas a la prueba de tetrazolio debido a su condición de semillas muertas. Se determinó el porcentaje de semillas viables totales (VT), calculado mediante la suma de los porcentajes de semillas germinadas (G) en la prueba de germinación y de las viables (V) obtenidas en la prueba de tetrazolio ($VT\% = G\% + V\%$). Para obtener el porcentaje de semillas no viables totales (NVT) se realizó la adición de los porcentajes de semillas muertas (M) y de las no viables (NV) obtenidas en la prueba de tetrazolio ($NVT\% = M\% + NV\%$).

Los resultados se validaron estadísticamente mediante un análisis de la varianza (ANAVA), usando el software estadístico INFOSTAT (2009). Se realizó la verificación de los supuestos y se utilizó la prueba de Fisher (LSD) como método de comparación.

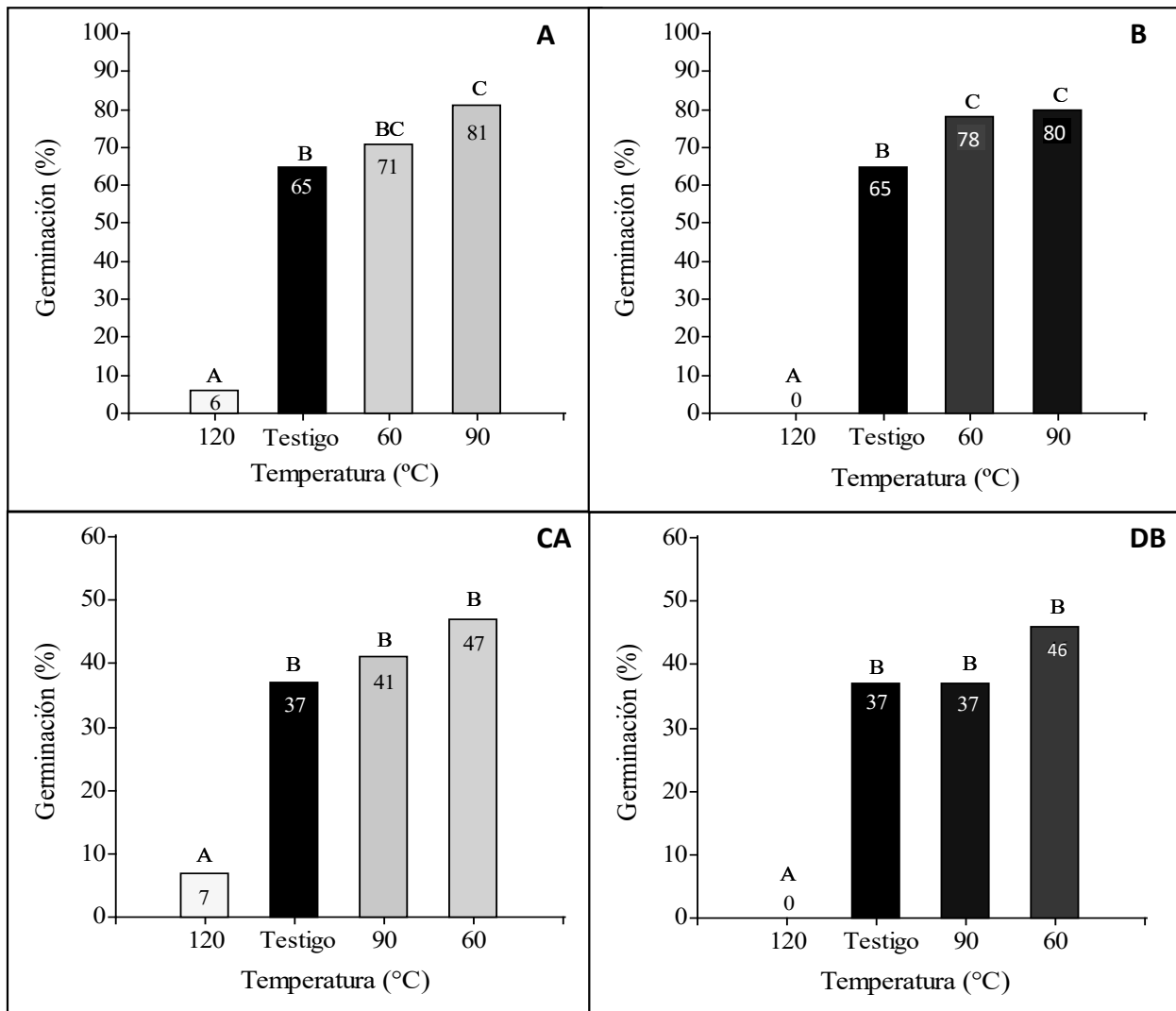
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Galactia latisiliqua Desv. var. *latisiliqua*

La Figura 1 A-G muestra que las semillas con tratamientos de choque térmico a 60 y 90 °C, tanto de 5 como de 10 minutos, alcanzaron porcentajes de germinación de 71 a 81 %, sin diferencias estadísticamente significativas entre ellos (Fig. 2 A). Los porcentajes de germinación obtenidos por las semillas expuestas a choque térmico de 120 °C, durante 5 y 10 minutos (6 y 0 % respectivamente) y por las testigo (65 %) resultan estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos (Fig. 2 A). Estos resultados coinciden con lo manifestado por Bolin (2009) para *G. regularis*, nativa del este de América del Norte, que logró los máximos porcentajes de germinación bajo los efectos de choques térmicos de 80 °C, y con lo expresado por Williams *et al.* (2003) para *G. tenuiflora*, especie australiana, en la que temperaturas de 80 °C estimularon la germinación. Resultados similares obtuvieron García *et al.* (2010) en observaciones a campo con otra especie de *Faboideae*, e indicaron que después de un incendio forestal, la germinación aumentó significativamente, siendo el calentamiento de sus semillas el factor que favoreció la



Figs. 1 A-G. Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*. **A.** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **B.** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **C.** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **D.** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **E.** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **F.** Tratamiento 120 °C, 10 minutos; **G.** Testigo.



Figs. 2 A-D. Porcentajes de germinación de semillas expuestas a diferentes tratamientos de choque térmico. **A, B.** *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*; **C, D.** *Rhynchosia edulis*; **A, C.** Exposición durante 5 minutos. **B, D.** Exposición durante 10 minutos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

permanencia de esta especie.

El ensayo de tetrazolio, realizado con las semillas que no germinaron luego de ser sometidas a choque térmico, reveló pérdida de viabilidad sólo en las semillas que fueron expuestas a 120 °C (Figs. 1 E, F), mostrando diferencias estadísticamente significativas con el resto de los tratamientos (Fig. 3 A). Los tratamientos con choque térmico a 120 °C provocaron la muerte de los embriones casi en su totalidad (93 %) cuando la exposición fue de 5 minutos (Fig. 3 A). En el tratamiento con choque térmico a 120 °C durante 10 minutos (Fig. 1 F), la totalidad de las semillas se hallaron muertas, con consistencia blanda y enmohecidas (85 %), o con embriones no viables (15 %). Resultados similares fueron expresados por Williams *et al.* (2003) para *Galactia tenuiflora*, en la que temperaturas superiores a los 100 °C durante 5 minutos, tuvieron efectos letales sobre los embriones de las semillas.

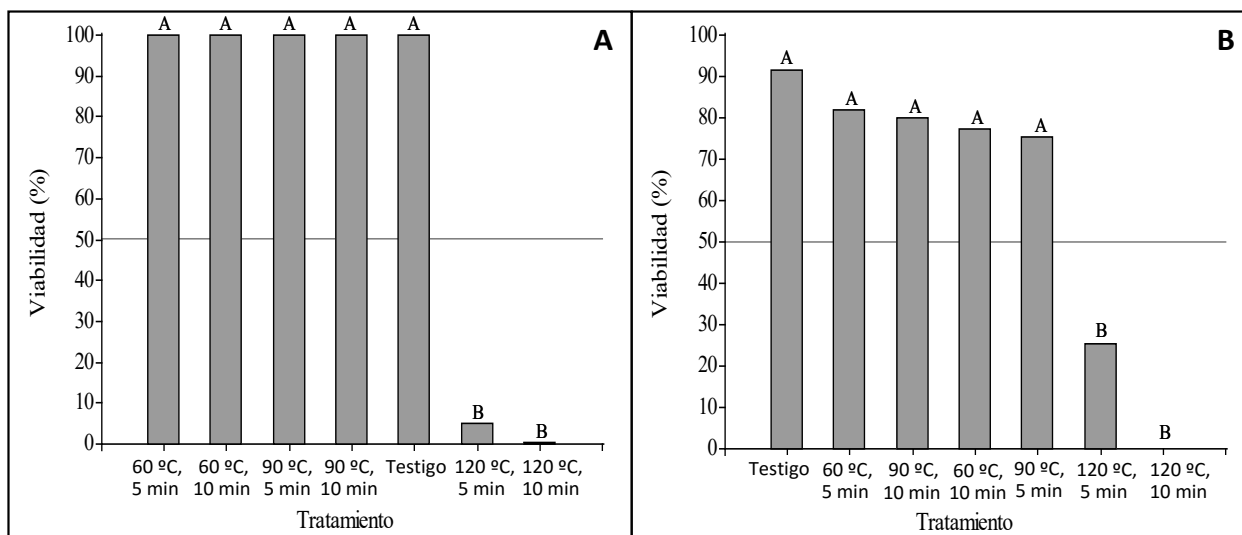
En los tratamientos con exposición de 5 minutos, tanto

de 60 como de 90 °C, no se observaron semillas muertas (Figs. 1 A, C). Bajo los mismos tratamientos pero durante 10 minutos, el porcentaje de semillas muertas resultó de un 2 y 7 % respectivamente (Figs. 1 B, D). En el testigo, el 11 % de las semillas resultaron en condición de muertas (Fig. 1 G), mostrando diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento de 60 °C durante 10 minutos y de 60 y 90 °C durante 5 minutos (Fig. 4 A).

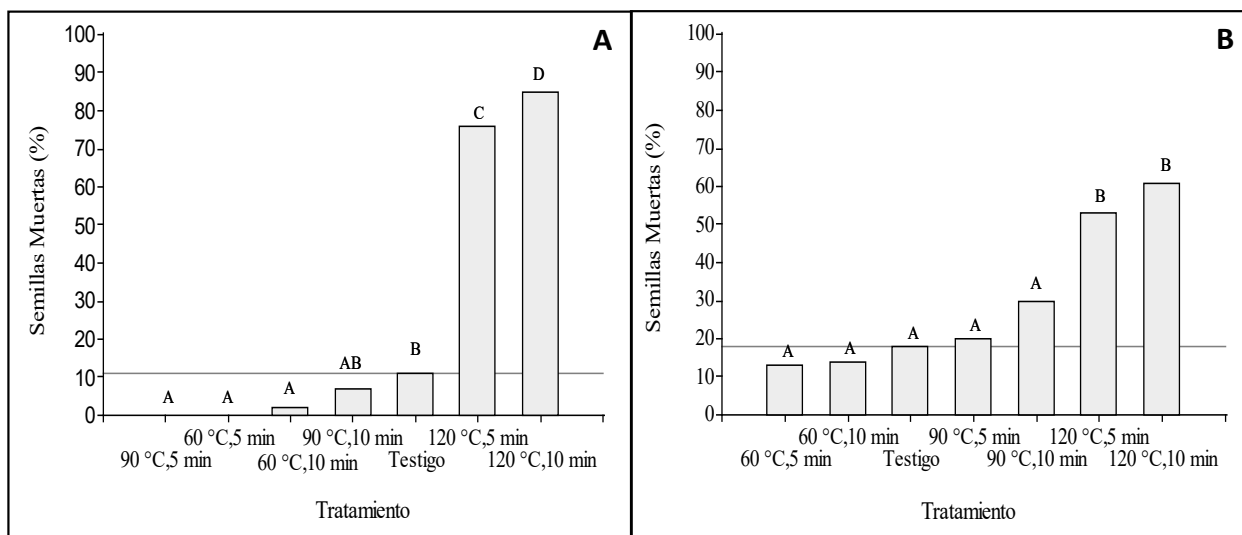
Los porcentajes de viabilidad total fueron superiores al 93 % en las semillas con tratamientos de choque térmico a 60 y 90 °C (Fig. 5 A), y del 89 % en las del testigo, no mostrando diferencias significativas entre ellos. Williams *et al.* (2003) también reportaron altos porcentajes de viabilidad, próximos al 100 %, en semillas sin tratamiento para *Galactia tenuiflora*.

***Rhynchosia edulis* Griseb.**

En la Figura 6 se observa que las semillas de los distintos



Figs. 3 A-B. Porcentajes de viabilidad por tetrazolio de semillas duras. **A.** *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*; **B.** *Rhynchosia edulis*. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

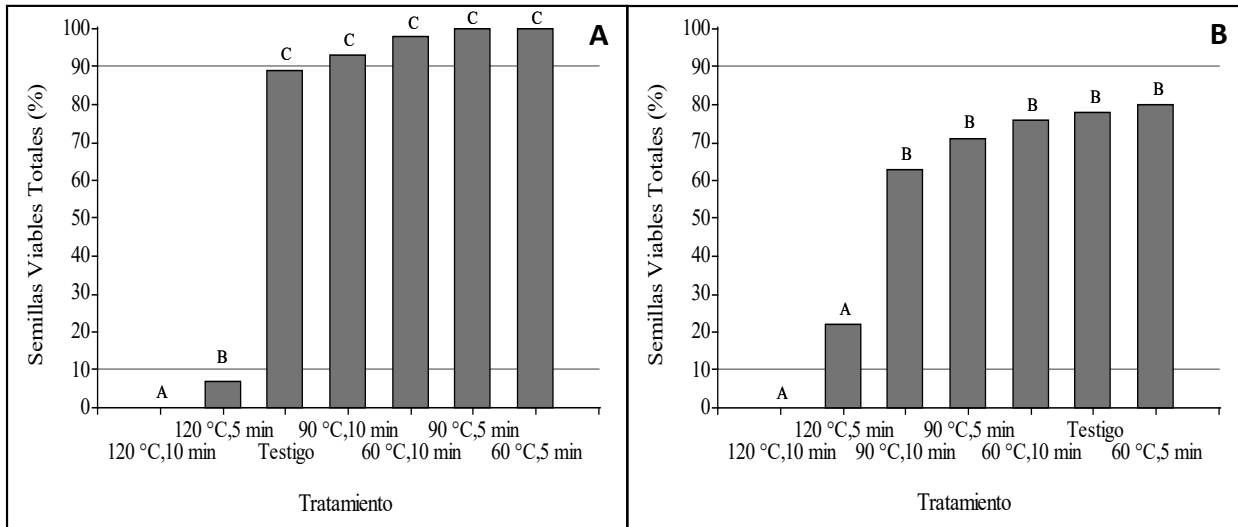


Figs. 4 A, B. Porcentajes de semillas muertas, resultantes del ensayo de germinación. **A.** *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*; **B.** *Rhynchosia edulis*. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

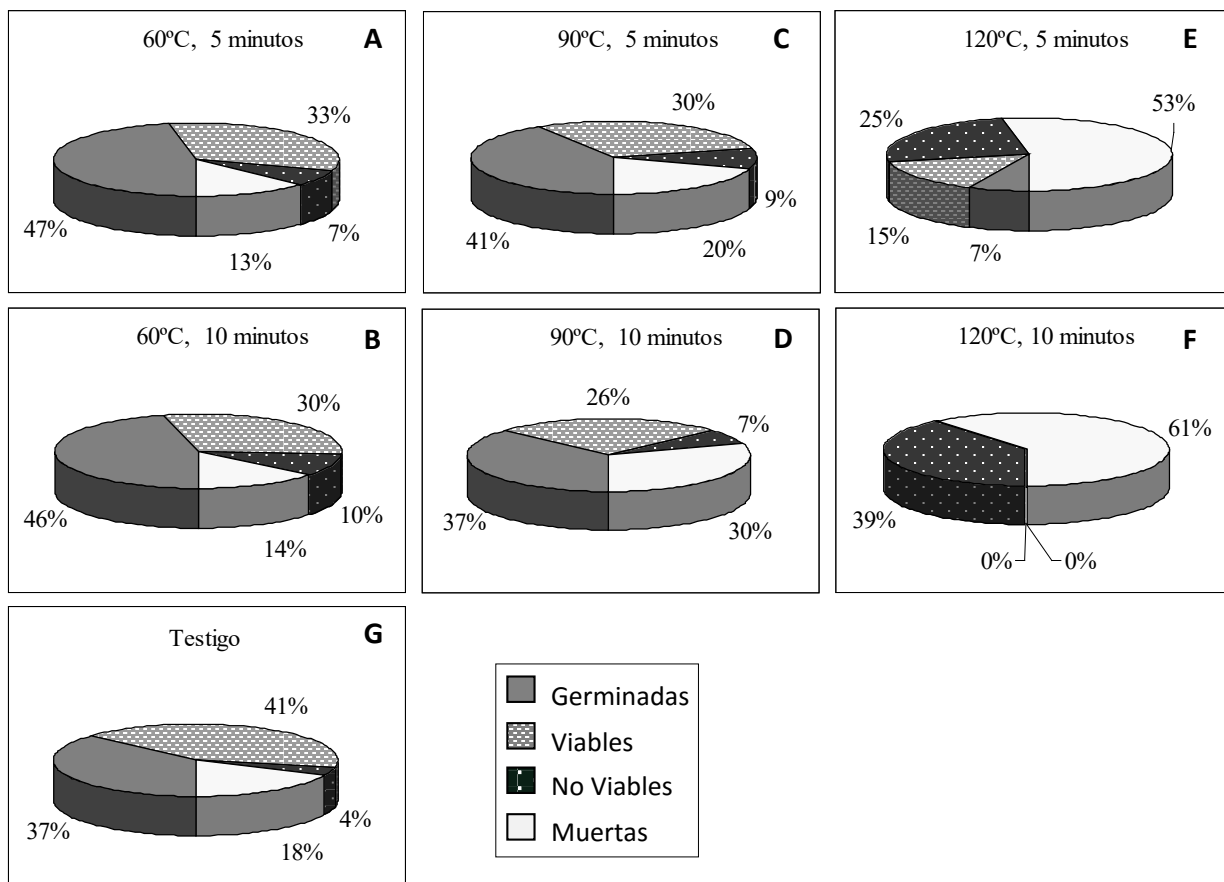
tratamientos no superaron el 50 % de germinadas, resultado a considerar en la evaluación de la capacidad regenerativa de esta especie en situaciones post-incendio. Los mayores porcentajes se obtuvieron en los tratamientos a 60 °C (46-47 %), seguido por el de 90 °C durante 5 minutos (41 %), mientras que a la misma temperatura durante 10 minutos de exposición el porcentaje de germinación resultó igual al del testigo (37 %). En los tratamientos con choque térmico de 120 °C logró germinar un 7 % cuando la exposición fue de 5 minutos. Sólo estos tratamientos mostraron diferencias significativas con el testigo, independientemente de los tiempos de exposición al mismo (Figs. 2 C, D). Estos resultados coinciden con lo expresado por Shaukat & Burhan (2000) para semillas de *R. minima* las que expuestas

a calor seco de 50 y 70 °C durante 4 minutos incrementaron significativamente la germinación (de 35 a 55 %) al romper la dormición de las mismas. Sin embargo, en estudios realizados por Madueño-Molina *et al.* (2006) con la misma especie, la mejor respuesta germinativa se obtuvo con calentamiento a 90 °C, no detectando diferencias entre los tiempos de 5 y 10 minutos de exposición.

El incremento de la temperatura y del tiempo de exposición de cada tratamiento se correspondió con el incremento gradual en el porcentaje de semillas no viables alcanzado en cada uno de ellos (Fig. 3 B), a partir del 9 % presentado por el testigo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cruz Medina & Orozco-Almanza (2010) en semillas de ocho especies de la familia *Fabaceae*, las



Figs. 5 A, B. Porcentajes de semillas viables totales, resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolol. **A.** *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*; **B.** *Rhynchosia edulis*. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p \leq 0,05$).



Figs. 6 A-G. Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de *Rhynchosia edulis*. **A.** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **B.** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **C.** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **D.** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **E.** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **F.** Tratamiento 120 °C, 10 minutos; **G.** Testigo.

cuales evidenciaron pérdida de viabilidad con temperaturas de 45 °C. La pérdida de viabilidad ocurrida en las semillas expuestas a 120 °C (Fig. 3 B), presentó diferencias estadísticas con el testigo y con el resto de los tratamientos.

Se destaca la pérdida de viabilidad en la totalidad de las semillas expuestas a 120 °C durante 10 minutos (Fig. 6 F).

El porcentaje de semillas muertas (Fig. 4 B) se redujo en relación al testigo (18 %) en los tratamientos a 60 °C

(13-14 %). Sin embargo, este porcentaje sigue una tendencia creciente en las que fueron expuestas a 90 °C (20-30 %) y a 120 °C (53-61 %), registrando sólo estas últimas diferencias estadísticamente significativas con el resto.

Los tratamientos de choque térmico a 60 °C durante 5 y 10 minutos mostraron porcentajes de viabilidad total próximos al 80 % (Fig. 5 B), valor similar al 78 % alcanzado por el testigo. Estos valores se van reduciendo a medida que la temperatura y los tiempos de exposición aumentan a 90 °C, hasta alcanzar un valor cero en las semillas sujetas a 120 °C durante 10 minutos. Sólo se encontraron diferencias significativas con el testigo en los tratamientos de 120 °C.

El porcentaje de germinación resultante en los testigos, 65 % para *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y 37 % para *Rhynchosia edulis*, en condiciones de humedad y temperatura semejantes a las del ambiente donde viven, es un atributo indicativo de especies pirógenas facultativas (Ooi *et al.* 2014).

CONCLUSIONES

En *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis*, choques térmicos entre 60 y 90 °C favorecieron la ruptura de la dormición impuesta por los tegumentos de las semillas, que se comportaron como pirógenas facultativas. Los efectos de los choques térmicos fueron comparativamente más beneficiosos para las semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* que para las de *Rhynchosia edulis*.

De estos resultados se podría generalizar que durante los incendios superficiales como los que destruyen principalmente la canopia de la vegetación, existe la posibilidad que las temperaturas que alcanzan los primeros cinco a diez centímetros del suelo, podrían constituirse en un factor estímulo para la germinación de estas especies. Por el contrario, temperaturas próximas a los 120 °C o mayores, como las que se registran en incendios severos, eliminarían la posibilidad de que estos taxones se regeneren a partir de sus semillas almacenadas en el banco de semillas del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la Secretaría de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Córdoba por la beca otorgada a la Ing. Agr. Mgter. Jimena E. Martinat para la realización de los estudios de Maestría y por subsidiar el proyecto marco en el que se realizó este trabajo. A la Ing. Agr. Mgter. Margot Tablada por el asesoramiento estadístico.

REFERENCIAS

- Atala, D.F., Baudo, F., Garré, S., Miatello, R., Juárez, G. & Fernández, F. 2005. Informe de inspección y evaluación económica del incendio de Villa Carlos Paz. Sistema de Información Geográfica. Áreas Naturales Protegidas. Sub-coordinación Bosque Nativo. Plan Provincial de Manejo del Fuego. Agencia Córdoba Ambiente S.E. Argentina. 31 p.
- Baeza, M.J. & Roy, J. 2008. Germination of an obligate seeder (*Ulex parviflorus*) and consequences for wildfire management. *Forest Ecology and Management* 256:685-693.
- Baskin, J.M. & Baskin, C.C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14:1-16.
- Bolin, J.F. 2009. Heat shock germination responses of three eastern North American temperate species. *Castanea* 74:160-167.
- Bond, W.J. & van Wilgen, B.W. 1996. Fire and plants. Population and Community Biology Series 14. Chapman and Hall, London, 263 p.
- Buhk, C. & Hensen, I. 2006. "Fire seeders" during early post-fire succession and their quantitative importance in south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments* 66:193-209.
- Buhk, C., Meyn, A. & Jentsch, A. 2007. The challenge of plant regeneration after fire in the Mediterranean basin: scientific gaps in our knowledge on plant strategies and evolution of traits. *Plant Ecology* 192:1-19.
- Burkart, A.E. 1971. El género *Galactia* (Legum.-Phaseoleae) en Sudamérica con especial referencia en la Argentina y países vecinos. *Darwiniana* 16:663-796.
- Burkart, A. 1987. Leguminosae. In Flora Ilustrada de Entre Ríos, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (N.S. Troncoso & N.M. Bacigalupo, eds.). Buenos Aires, 6:442-738.
- Chou, Y., Cox, R.D. & Wester, D.B. 2012. Smoke water and heat shock influence germination of shortgrass prairie species. *Rangeland Ecology & Management* 65:260-267.
- Craviotto, R.M. & Arango Perearnau, M.R. 2007. Simiente de soja: nuevos patrones en gestión de calidad por tetrazolio. *Análisis de Semillas* 1:96-99.
- Cruz Medina, J. & Orozco-Almanza, M.S. 2010. Germinación de ocho especies de la familia Fabaceae, bajo diferentes regímenes de temperatura. In VII Simposio internacional sobre la flora silvestre en zonas áridas. Zaragoza, Méjico, p. 197-214.
- De la Peña, M.R. & Pensiero, J.F. 2004. Plantas Argentinas. Catálogo de nombres comunes. L.O.L.A. Buenos Aires, Argentina, 373 p.
- Downes, K.S., Lamont, B.B., Light, M.E. & van Staden, J. 2010. The fire ephemeral *Tersonia cyathiflora* germinates in response to smoke but not the butenolide. *Annals of Botany* 106:381-384.
- Duguy, B. & Vallejo, R. 2008. Land use and fire history effects on post-fire vegetation dynamics in eastern Spain. *Journal of Vegetation Science* 19: 97-108.
- Fortunato, R.H. 1983. Sinopsis de las especies argentinas del género *Rhynchosia*. *Parodiana* 2:25-45.
- Fuentes, E., Carreras, M.E., Martinat, J.E., Jewsbury, G. & Lovey, R.J. 2009. Composición florística post-incendio en zonas serranas de Falda del Carmen (Córdoba, Argentina). In I Jornadas Patagónicas de Biología, III Jornadas Estudiantiles de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Trelew, Chubut, Argentina, p. 58.
- Fuentes, E., Carreras, M.E., Carbone, L.M., Jewsbury, G., Loyola, M.J. & Martinat, J.E. 2011. Especies nativas de las Sierras Chicas (Córdoba, Argentina) con estrategias de regeneración post-fuego. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 46:192.
- Galussi, A.A. 2005. Viabilidad de semillas duras. Primera jornada en calidad de semillas forrajeras. Instituto Nacional de Semillas – SAGPyA, Bolsa de Comercio de Rosario. Rosario, Argentina, p. 1-7.
- García, R.A., Pauchard, A., Cavieres, L.A., Peña, E. & Rodríguez, M.F. 2010. El fuego favorece la invasión de *Teline monspessulana* (Fabaceae) al aumentar su germinación. *Revista Chilena de Historia Natural* 83:443-452.
- Haider Ali, H., Tanveer, A., Ather Nadeem, M. & Naeem Asghar, H. 2011. Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71:483-487.
- Hanley, M.E., Unna, J. & Darvill, B. 2003. Seed size and germination response: a relationship for fire-following plant species exposed to thermal shock. *Oecología* 134: 18-22.
- InfoStat. 2009. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- International Seed Testing Association - ISTA. 2010. International Rules for Seed Testing. 1st ed. Bassersdorf, Switzerland.
- Kraus, T. & Basconsuelo, S. 2009. Secondary root growth in *Rhynchosia edulis* Griseb. (Leguminosae): Origin of cambia and their products. *Flora* 204:635-643.
- Kunst, C.R., Bravo, S. & Panigatti, J.L. 2003. Fuego en los ecosistemas argentinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Santiago de Estero, Argentina. 332 p.

- Lamont, B.B. & Downes, K.S. 2011. Fire-stimulated flowering among resprouters and geophytes in Australia and South Africa. *Plant Ecology* 212:2111-2125.
- Madueño-Molina, A., García-Paredes, D., Martínez-Hernández, J., Rubio-Torres, C., Navarrete-Valencia, A. & Bojórquez-Serrano, J. 2006. Germinación de semillas de frijolillo, *Rhynchosia minima* (L.) DC., luego de someterla a tratamientos pregerminativos. *Bioagro* 18:101-105.
- Martinat, J.E. 2012. Efecto del choque térmico simulando la acción del fuego, en la germinación de fabáceas y poáceas forrajeras de las Sierras Chicas de Córdoba. Tesis 136 p., Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Menezes, L.C.C.R. de & Rossi, M.N. 2011. Seed germination after fire: a study with a plant inhabiting non-fire-prone areas. *Phyton* 80:153-160.
- Montenegro, G., Díaz, F., Gómez, M. & Ginocchio, R. 2003. Regeneration potential of Chilean matorral after fire: an updated view. *In* Fire and climatic change in temperate ecosystems of the Western Americas (T. Veblen, W. Baker, G. Montenegro & T. Swetnam, eds.). Springer Verlag, New York, p. 381-409.
- Moreira, B., Tormo, J., Estrelles, E. & Pausas, J.G. 2010. Disentangling the role of heat and smoke as germination cues in Mediterranean Basin flora. *Annals of Botany* 105: 627-635.
- Ooi, M.K.J., Denham, A.J., Santana, V.M. & Auld T.D. 2014. Temperature thresholds of physically dormant seeds and plant functional response to fire: variation among species and relative impact of climate change. *Ecology and Evolution* 4:656-671.
- Paula, S. & Pausas, J.G. 2008. Burning seeds: germinative response to heat treatments in relation to resprouting ability. *Journal of Ecology* 96: 543-552.
- Pausas, J.G. & Schwillk, D. 2012. Fire and plant evolution. *New Phytologist* 193:301-303.
- Polhill, R.M. & Raven, P.H. 1981. Advances in legume systematics. Part 1. Royal Botanic Gardens, Kew, England, 425 p.
- Ribeiro, L.C., Pedrosa, M. & Borghetti, F. 2013. Heat shock effects on seed germination of five Brazilian savanna species. *Plant Biology* 15: 152-157.
- Santana, V.M., Bradstock, R.A., Ooi, M.K.J., Denham, A.J., Auld, T.D. & Baeza, M.J. 2010. Effects of soil temperature regimes after fire on seed dormancy and germination in six Australian Fabaceae species. *Australian Journal of Botany* 58:539-545.
- Shaukat, S.S. & Burhan, N. 2000. Fecundity, seed characteristics and factors regulating germination of *Rhynchosia minima* (L.) D.C. *Pakistan Journal of Botany*, 32: 211-226.
- Tavsanoglu, C. 2011. Fire-related cues (heat shock and smoke) and seed germination in a *Cistus creticus* population in southwestern Turkey. *Ekoloji* 79: 99-104.
- Toniutti, M.A. & Fornasero, L.V. 2008. Efecto de la inoculación de *Azospirillum brasiliense* sobre el crecimiento y desarrollo de *Setaria lachnea* (Nees) Kunth. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias, Sección Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral* 7:33-41.
- Weberling, F., Kraus, T.A., Bianco, C.A. & Malpassi, R. 2002. Variación y estrategias adaptativas de los sistemas de ramificación de Fabáceas herbáceas. *Feddes Repertorium* 113:342-353.
- Williams, P.R., Congdon, R.A., Grice, A.C. & Clarke, P.J. 2003. Fire-related cues break seed dormancy of six legumes of tropical eucalypt savannas in north-eastern Australia. *Austral Ecology* 28:507-514.
- Zuloaga, F.O., Morrone, O. & Belgrano, M.J. 2011. Catálogo de las Plantas Vasculares del Cono Sur. Argentina. *Monographs in Systematic Botany*. Missouri Botanical Garden. Disponible en: <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>. Acceso el 10.07.2012.