



*Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela para Graduados*



EFFECTO DEL CHOQUE TÉRMICO SIMULANDO LA ACCIÓN DEL FUEGO, EN LA GERMINACIÓN DE FABÁCEAS Y POÁCEAS FORRAJERAS DE LAS SIERRAS CHICAS DE CÓRDOBA

Ing. Agr. Jimena Elisa Martinat

Tesis

Para optar al Grado Académico de
Magister en Ciencias Agropecuarias
Mención Tecnología de Semillas

Córdoba, 2012

**EFFECTO DEL CHOQUE TÉRMICO SIMULANDO LA ACCIÓN DEL FUEGO,
EN LA GERMINACIÓN DE FABÁCEAS Y POÁCEAS FORRAJERAS DE LAS
SIERRAS CHICAS DE CÓRDOBA**

Ing. Agr. Jimena E. MARTINAT

Comisión Asesora de Tesis

Directora: Biól. (Dra.) Elsa FUENTES

Asesores: Ing. Agr. (Mgter.) Roberto O. ROLANDO (Codirector)

Ing. Agr. (Mgter.) Rita J. LOVEY

Tribunal examinador de Tesis

Ing. Agr. (Dra.) Marisa J. JOSEAU -----

Ing. Agr. (Mgter.) Rita J. LOVEY -----

Ing. Agr. (Mgter.) María E. TOSELLI -----

Presentación formal académica

17 de Diciembre de 2012

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Córdoba

Agradecimientos

Agradezco a la Biól. (Dra.) Elsa Fuentes, quien me alentó a realizar esta maestría, por guiarme, acompañarme, brindarme sus consejos y por su excelente conducción en todas las etapas del presente trabajo.

A la Ing. Agr. (Mgter.) Rita Lovey, por transferirme sus conocimientos referidos a la tecnología de semillas y por su laboriosa tarea de revisión, colaborando a una mejor comprensión del trabajo de Tesis. Mi reconocimiento por sus atenciones y enseñanzas.

Al Ing. Agr. (Mgter.) Roberto Rolando, por sus aportes en las etapas de análisis de laboratorio, por leer con paciencia y dedicación el manuscrito, sugiriendo detalladas correcciones, y por prestarme las instalaciones del Laboratorio de Semillas L.A.S.I.D.Y.S. (Laboratorio de Análisis de Semillas, Investigación, Docencia y Servicio) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba para realizar todos los ensayos de germinación, choques térmicos y viabilidad por tetrazolio.

A los miembros del Tribunal Examinador que revisaron a fondo el texto contribuyendo con valiosos comentarios. A la Ing. Agr. (Dra.) Jacqueline Joseau por sus aportes que permitieron revalorizar los estudios realizados en cada una de las etapas del presente trabajo de tesis. A la Ing. Agr. (Mgter.) Eugenia Toselli por sus valiosas sugerencias para el enriquecimiento de esta tesis.

A la Ing. Agr. (Mgter.) Patricia Perissé por sus adecuados aportes acerca de la morfología externa de semillas.

A las Ing. Agr. (Mgter.) Vilma Mazzuferi y Susana Aráoz por contribuir con la correcta terminología y por sus importantes comentarios para concluir esta tesis.

A la familia Díaz Salcedo por facilitar un espacio de su estancia, Las Higuerillas, para realizar los relevamientos.

A mis colegas del proyecto de investigación, por colaborar con la recolección de las especies a campo y su posterior herborización y determinación, por todo el tiempo y cariño con el que me ayudaron alegremente.

A mis compañeros de trabajo de la cátedra de Botánica Taxonómica por haberme acompañado en este camino de investigación científica.

Mi gratitud a la Secretaría de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Córdoba, por las becas otorgadas durante el cursado de la maestría y redacción de tesis, y por la financiación del proyecto de investigación 05/G457 en el cual se enmarca el presente trabajo.

A la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba y a la Escuela para Graduados, por brindarme la posibilidad de acceder a estudios superiores y por el apoyo institucional.

A los que de alguna manera contribuyeron haciendo posible la realización de este trabajo, de quienes tomé sus conocimientos y a quienes cito en la bibliografía utilizada.

Dedicada a:

Mis padres, con todo el cariño, admiración y afecto, por sus enseñanzas, consejos y por todo lo que me brindaron incondicionalmente y estaré eternamente agradecida. A María Luisa por estar siempre a mi lado. A Miguel Angel “Kelly” por ser mi estrella orientadora.

Mi esposo Guillermo y mi hijo Leonardo, por su interminable amor que en todo momento ha sido apoyo y fuerza.

Para toda mi familia por el amor y cariño que me han dado siempre.

A quienes pueda serle útil el conocimiento obtenido.

Resumen

Con el objetivo de conocer la respuesta germinativa de semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis* (Fabáceas) y de *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia* (Poáceas), forrajeras espontáneas de las Sierras Chicas de Córdoba-Argentina, para reproducir las condiciones de temperatura a las que son expuestas durante los incendios, se sometieron sus semillas a los efectos de choques térmicos. Cuatro repeticiones de 25 semillas para cada tratamiento de choque térmico, fueron expuestas a 60, 90 y 120 °C, durante tiempos de exposición de 5 y 10 minutos para cada temperatura, en las cuatro especies. Con las semillas tratadas más el testigo, se realizaron ensayos de germinación con alternancia de temperatura entre 20-30 °C y 8 horas de luz. Se evaluó la germinación fisiológica *sensu stricto*. Posteriormente, se realizaron ensayos de viabilidad mediante la prueba de tetrazolio. Para el procesamiento de los datos se utilizó el sistema estadístico InfoStat. Si bien las especies mostraron un comportamiento particular al calentamiento de sus semillas a 60 y 90 °C, las cuatro disminuyeron notablemente los porcentajes de germinación a valores de cero o próximos, cuando las semillas fueron sometidas a choques térmicos de 120 °C. Para *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis*, especies con semillas duras, el choque térmico colaboró con el rompimiento de la dormición impuesta por sus tegumentos, favoreciendo la germinación. *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* alcanzó porcentajes de germinación próximos al 80 %, bajo el efecto de 90 °C, logrando superar el 65 % de las semillas sin tratamiento. *Rhynchosia edulis* alcanzó porcentajes de germinación de un 10 % mayor al del testigo (37 %), bajo choques térmicos de 60 °C. En *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia*, Poáceas cuyas semillas consisten en cariopsis vestidas y desnudas respectivamente, el choque térmico también actuó como un factor que estimuló la germinación. *Setaria lachnea* mostró una respuesta positiva al choque térmico de 60 °C durante 10 minutos, aumentando la germinación a 34 %. Paralelamente los cariopsis de esta especie evidenciaron una pérdida de viabilidad que fue incrementando conforme al aumento de la temperatura hasta llegar a un 100 % de cariopsis no viables a 120 °C. *Eragrostis tenuifolia* demostró una capacidad germinativa de más del 80 %, tanto en los tratamientos con choque térmico de 60 y de 90 °C como en el testigo, alcanzando un 100 % de germinación bajo el efecto de 90 °C durante 5 minutos. Estos resultados permiten generalizar que temperaturas próximas a los 120 °C, o mayores, como las que se registran en incendios severos, eliminarían la posibilidad de que estas especies se regeneren a partir de sus semillas. Por el contrario, en incendios superficiales existe la posibilidad de que las temperaturas que alcanzan los primeros 5 cm del suelo, podrían constituirse en un factor estímulo para la germinación en las especies evaluadas. El estudio realizado constituye el primer aporte sobre el comportamiento y posibilidades de permanencia de estas especies en campos incendiados de las Sierras Chicas de Córdoba y serán de utilidad para la elaboración de modelos predictivos-productivos para estas promisorias forrajeras de las comunidades serranas.

Palabras clave

Choque térmico – Fabáceas y Poáceas forrajeras – bancos de semillas – germinación – viabilidad

Abstract

With the objective of studying the seed germination behavior of four spontaneous forages of the Sierras Chicas of Córdoba, Argentina, to reproduce the temperature conditions to which they are exposed during fires, the seeds of these forages were subjected to different thermal shock. Four repetitions of 25 seeds for each species were exposed to 60, 90 and 120°C during 5 and 10 minutes for each temperature. Germination tests were performed with alternating temperature between 20-30°C and 8 hours of light adding an untreated seed lot. Physiological germination, *sensu stricto*, was evaluated. Subsequently, viability assays were performed by Tetrazolium Test. Statistical InfoStat was used for data processing. Even though the species showed a particular behavior to the heating of seeds at 60 and 90°C, all decreased significantly the germination percentages at or near zero values when the seeds were subjected to the thermal shock of 120°C. In *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* and *Rhynchosia edulis* seeds, heat shock broke dormancy imposed by their teguments, favoring germination. *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* germination percentages reached 80% under the effect of 90°C, exceeding the 65% of untreated seeds. Under the thermal shock of 60°C, *Rhynchosia edulis* reached germination percentages 10% higher than the untreated seeds (37%). *Setaria lachnea* showed a positive response to heat shock in the treatment of 60°C during 10 minutes, resulting in germination of 34%. *Eragrostis tenuifolia* showed a germination of over 80% in heat shock treatments of 60 and 90°C as well as in the control, reaching 100% germination under the effect of 90°C-5 minutes. These results allow us to generalize that temperatures approaching 120°C or greater, such as those recorded in severe fires, would eliminate the possibility of these species to regenerate from seed. By contrast, in surface fires it is possible that temperatures reaching the first 5 cm of soil could become a stimulus factor for germination in the evaluated species. This study is the first contribution on the behavior and possibility of permanence of these species in burned areas of the Sierras Chicas and it will be useful for developing predictive-productive models for these promising forages.

Key words

Heat shock – Fabaceae and Poaceae forages – seed banks – germination – viability

TABLA DE CONTENIDO

Lista de Tablas	XI
Lista de Figuras	XII
Lista de abreviaturas y/o símbolos.....	XVII
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
Especies forrajeras en zonas incendiadas del Bosque Chaqueño	2
Descripción botánica, importancia y antecedentes del comportamiento frente a choques térmicos de algunas especies de Fabáceas y Poáceas	3
<i>Galactia latisiliqua</i> Desv. var. <i>latisiliqua</i>	3
<i>Rhynchosia edulis</i> Griseb.	5
<i>Setaria lachnea</i> (Nees) Kunth	7
<i>Eragrostis tenuifolia</i> (A. Rich.) Hochst. ex Steud.	10
Los incendios y las comunidades vegetales.....	12
Banco de semillas del suelo - comportamiento post-incendio.....	14
Hipótesis	20
Objetivos.....	20
Objetivo general	20
Objetivos específicos.....	21
CAPÍTULO 2 MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
Material de estudio.....	22
Recolección de semillas.....	26
Caracterización de la zona de recolección del material	26
Caracterización exomorfológica de las semillas.....	29
Ajuste de la técnica de germinación para cada especie	29
Pruebas de choque térmico	33
Evaluación del efecto de choques térmicos en la germinación.....	34
Determinación de la viabilidad por tetrazolio de las semillas no germinadas	37
Análisis integrado de resultados de las pruebas de germinación y de viabilidad por tetrazolio, posteriores al choque térmico	40
Diseño experimental y análisis estadístico	41

CAPÍTULO 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
Caracterización exomorfológica de las semillas.....	43
<i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i>	43
<i>Rhynchosia edulis</i>	44
<i>Setaria lachnea</i>	45
<i>Eragrostis tenuifolia</i>	46
Ajuste de la técnica de germinación	48
Especies de Fabáceas.....	48
<i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i>	48
<i>Rhynchosia edulis</i>	49
Especies de Poáceas	52
<i>Setaria lachnea</i>	52
<i>Eragrostis tenuifolia</i>	53
Pruebas de choque térmico	55
Evaluación del efecto de choques térmicos en la germinación.....	55
<i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i>	55
<i>Rhynchosia edulis</i>	58
<i>Setaria lachnea</i>	60
<i>Eragrostis tenuifolia</i>	64
Determinación de la viabilidad por tetrazolio de las semillas no germinadas	68
<i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i>	68
<i>Rhynchosia edulis</i>	70
<i>Setaria lachnea</i>	72
<i>Eragrostis tenuifolia</i>	74
Análisis integrado de resultados de las pruebas de germinación y de viabilidad por tetrazolio, posteriores al choque térmico	77
<i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i>	77
<i>Rhynchosia edulis</i>	80
<i>Setaria lachnea</i>	83
<i>Eragrostis tenuifolia</i>	85
 CAPÍTULO 4 CONCLUSIONES	 88
 CAPÍTULO 5 BIBLIOGRAFÍA CITADA	 94

ANEXO 1

Listado de Poáceas y Fabáceas censadas en la Estancia Las Higuierillas, Sierras Chicas, Departamento Santa María, Córdoba, Argentina.....	108
---	-----

ANEXO 2

Hojas de trabajo para la prueba de tetrazolio – ISTA, 2010 –.....	111
---	-----

ANEXO 3

Tablas estandarizadas de patrones de viabilidad (unificación de las especificaciones de ISTA, 2003 y AOSA, 2000) para la evaluación de semillas pequeñas de Fabáceas y Poáceas mediante la prueba topográfica por tetrazolio	117
--	-----

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Números de recolección (CS – ACOR) de los ejemplares de Fabáceas y Poáceas evaluadas.....	23
Tabla 2.2	Especificaciones para ensayos de germinación estándar, ISTA (2010), para especies taxonómicamente cercanas a <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , <i>Rhynchosia edulis</i> , <i>Setaria lachnea</i> y <i>Eragrostis tenuifolia</i>	30
Tabla 2.3	Definiciones de semilla pura, ISTA (2010), para especies taxonómicamente cercanas a <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , <i>Rhynchosia edulis</i> , <i>Setaria lachnea</i> y <i>Eragrostis tenuifolia</i>	33
Tabla 2.4	Temperaturas y tiempos de exposición de semillas a choques térmicos aplicados en cada tratamiento.....	34
Tabla 2.5	Especificaciones para el preparado, tratamiento y evaluación de la prueba de tetrazolio, ISTA (2010), de semillas de especies taxonómicamente cercanas a <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , <i>Rhynchosia edulis</i> , <i>Setaria lachnea</i> y <i>Eragrostis tenuifolia</i>	41

LISTA DE FIGURAS

Fig. 2.1	<i>Galactia latisiliqua</i> Desv. var. <i>latisiliqua</i> (CS 560, ACOR). A: Planta; B: Detalle de la hoja; C: Dehiscencia de frutos; D: Detalle de la pubescencia de legumbres	23
Fig. 2.2	<i>Rhynchosia edulis</i> Griseb. (CS 924, ACOR). A: Planta en floración sobre árbol de <i>Acacia</i> sp.; B: Detalle de la hoja; C: Dehiscencia del fruto y semillas; D: Fruto previo a la dehiscencia; E: Detalle de la pubescencia y glándulas de legumbres	24
Fig. 2.3	<i>Setaria lachnea</i> (Nees) Kunth (CS 1000, ACOR). A: Planta completa; B: Panoja espiciforme densa; C: Espiguilla con setas.....	25
Fig. 2.4	<i>Eragrostis tenuifolia</i> (A. Rich.) Hochst. ex Steud. (CS 693, ACOR). A: Ejemplar consumido por ganado vacuno; B: Ejemplar herborizado; C: Espiguilla completa; D: Espiguilla madura con páleas persistentes.....	25
Fig. 2.5	Ubicación de la zona de recolección del material. a: Departamento Santa María, Córdoba-Argentina; b: Estancia Las Higuierillas	27
Fig. 2.6	Perfil de ladera quemada. Estancia Las Higuierillas, Sierras Chicas, Departamento Santa María, Córdoba-Argentina.	27
Fig. 2.7	Estancia Las Higuierillas, Sierras Chicas, Departamento Santa María, Córdoba-Argentina. A-B: Zonas no quemadas; C-D: Zonas quemadas.	28
Fig. 2.8	Semillas de Fabáceas infestadas por “Brúquidos” (Coleoptera: Bruchidae). A: Insecto “Brúquido”; B: Semilla infestada de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> ; C: Semillas infestadas de <i>Rhynchosia edulis</i>	31
Fig. 2.9	Bandejas dispuestas en cámara de germinación	35
Fig. 3.1	Semillas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> . A: Valva de legumbre con falsos tabiques celulósicos, liberando semillas; B: Vista lateral de semillas moteadas con diferentes colores; C-D: Morfología externa en vista hilar	44
Fig. 3.2	Semillas de <i>Rhynchosia edulis</i> . A: Legumbre con semillas; B: Vista lateral de semillas moteadas con diferentes colores; C: Morfología externa en vista hilar.....	45
Fig. 3.3	<i>Setaria lachnea</i> . A: Espiguilla, vista lateral; B: Antecio fértil; C: Cariopsis, vista hilar; D: Cariopsis, vista lateral; E: Cariopsis, vista escutelar	46
Fig. 3.4	<i>Eragrostis tenuifolia</i> . A: Espiguilla; B: Antecio fértil; C: Cariopsis, vista lateral; D: Cariopsis, vista escutelar.....	47
Fig. 3.5	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos.....	48
Fig. 3.6	Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> sometidas a diferentes tratamientos	49

Fig. 3.7	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Rhynchosia edulis</i> , desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos.....	50
Fig. 3.8	Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de <i>Rhynchosia edulis</i> sometidas a diferentes tratamientos.....	51
Fig. 3.9	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Setaria lachnea</i> , desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos.....	52
Fig. 3.10	Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de <i>Setaria lachnea</i> sometidas a diferentes tratamientos.....	53
Fig. 3.11	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Eragrostis tenuifolia</i> , desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos.	54
Fig. 3.12	Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de <i>Eragrostis tenuifolia</i> sometidas a diferentes tratamientos.....	54
Fig. 3.13	Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> a 10 días de la siembra. A: Semilla germinada, 6 mm de radícula; B: Testigo; C: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; D: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; E: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; F: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; G: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; H: Tratamiento 120 °C, 10 minutos.....	55
Fig. 3.14	Curvas de germinación de semillas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico.....	56
Fig. 3.15	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. A: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; B: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos.....	57
Fig. 3.16	Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de <i>Rhynchosia edulis</i> a 10 días de la siembra. A: Semilla germinada, 3 mm de radícula; B: Testigo; C: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; D: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; E: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; F: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; G: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; H: Tratamiento 120 °C, 10 minutos.....	58
Fig. 3.17	Curvas de germinación de semillas de <i>Rhynchosia edulis</i> , desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico.....	59
Fig. 3.18	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Rhynchosia edulis</i> sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. A: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; B: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos.....	60

Fig. 3.19	Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de <i>Setaria lachnea</i> a 10 días de la siembra. A: Cariopsis germinada, 0,2 mm de radícula; B: Testigo; C: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; D: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; E: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; F: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; G: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; H: Tratamiento 120 °C, 10 minutos 61	61
Fig. 3.20	Porcentajes de espiguillas con cariopsis de <i>Setaria lachnea</i> para cada tratamiento. Los valores representan el promedio de cada tratamiento 62	62
Fig. 3.21	Curvas de germinación de semillas de <i>Setaria lachnea</i> , desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 5 minutos 63	63
Fig. 3.22	Curvas de germinación de semillas de <i>Setaria lachnea</i> , desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 10 minutos 63	63
Fig. 3.23	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Setaria lachnea</i> sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. A: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; B: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos 64	64
Fig. 3.24	Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de <i>Eragrostis tenuifolia</i> a 10 días de la siembra. A: Cariopsis germinada, 0,2 mm de radícula; B: Testigo; C: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; D: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; E: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; F: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; G: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; H: Tratamiento 120 °C, 10 minutos 65	65
Fig. 3.25	Curvas de germinación de semillas de <i>Eragrostis tenuifolia</i> , desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 5 minutos..... 66	66
Fig. 3.26	Curvas de germinación de semillas de <i>Eragrostis tenuifolia</i> , desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 10 minutos..... 66	66
Fig. 3.27	Porcentajes de germinación de semillas de <i>Eragrostis tenuifolia</i> sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. A: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; B: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos 68	68
Fig. 3.28	Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico..... 69	69
Fig. 3.29	Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico..... 69	69

Fig. 3.30	Semillas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> con diferentes patrones de tinción, correspondientes al tratamiento de 120 °C, 5 minutos. A: Semillas no viables (NV) y viable (V), vista lateral; B-C: Cortes longitudinales en semillas no viables	70
Fig. 3.31	Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de <i>Rhynchosia edulis</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico	71
Fig. 3.32	Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de <i>Rhynchosia edulis</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico	71
Fig. 3.33	Semillas de <i>Rhynchosia edulis</i> con diferentes patrones de tinción correspondientes al tratamiento de 120 °C, 5 minutos. A: Semillas no viables (NV) y viables (V), vista lateral; B: Cortes longitudinales en semillas no viables	72
Fig. 3.34	Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de <i>Setaria lachnea</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico	73
Fig. 3.35	Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de <i>Setaria lachnea</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico	73
Fig. 3.36	Cariopsis de <i>Setaria lachnea</i> , con corte transversal para el ensayo de tetrazolio. A: Cariopsis no viables (NV) y viables (V), vista escutelar; B: Corte longitudinal de cariopsis viable; C: Corte longitudinal de cariopsis no viable	74
Fig. 3.37	Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de <i>Eragrostis tenuifolia</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico	75
Fig. 3.38	Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de <i>Eragrostis tenuifolia</i> no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico	76
Fig. 3.39	Cariopsis de <i>Eragrostis tenuifolia</i> , con corte transversal para el ensayo de tetrazolio. A: Cariopsis no viable, vista escutelar; B: Cariopsis viable, vista hilar; C: Cariopsis viable, vista escutelar; D: Corte longitudinal de cariopsis viable	76
Fig. 3.40	Porcentaje de semillas viables totales de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio	77
Fig. 3.41	Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , en función de los tratamientos realizados. 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	79

Fig. 3.42	Porcentaje de semillas muertas de <i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i> , resultantes del ensayo de germinación	80
Fig. 3.43	Porcentaje de semillas viables totales de <i>Rhynchosia edulis</i> , resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio	81
Fig. 3.44	Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de <i>Rhynchosia edulis</i> , en función de los tratamientos realizados. 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	82
Fig. 3.45	Porcentaje de semillas muertas de <i>Rhynchosia edulis</i> , resultantes del ensayo de germinación	83
Fig. 3.46	Porcentaje de semillas viables totales de <i>Setaria lachnea</i> , resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio	84
Fig. 3.47	Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de <i>Setaria lachnea</i> en función de los tratamientos realizados. 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	85
Fig. 3.48	Porcentaje de semillas viables totales de <i>Eragrostis tenuifolia</i> , resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio	86
Fig. 3.49	Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de <i>Eragrostis tenuifolia</i> , en función de los tratamientos realizados. 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	87

LISTA DE ABREVIATURAS Y/O SÍMBOLOS

ACOR	Acrónimo del Herbario de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba
cm	Centímetro /s
CS	Colección de Semillas
°C	Grados centígrados
g	Gramo /s
h	Hora /s
ha	Hectárea /s
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
kg	Kilogramo /s
KNO ₃	Nitrato de potasio
m	Metro /s
mm	Milímetro /s
min	Minuto /s
N	Norte
NE	Noreste
N. V.	Nombre vulgar
NV	No viable
O	Oeste
PMS	Peso de mil semillas
%	Porcentaje
S	Sur
s.n.m.	Sobre el nivel del mar
Sin.	Sinónimo
T	Tratamiento
V	Viable

INTRODUCCIÓN GENERAL

El Bosque Chaqueño Argentino está profundamente modificado y presenta un encadenamiento de áreas deforestadas, por lo general en sentido N-S, que responde mayormente a la acción del fuego y al avance de la frontera agropecuaria (Martínez Carretero, 1995).

Verzino *et al.* (2005), mencionan al fuego como uno de los factores que más inciden sobre el ambiente de las sierras de Córdoba. Es responsable de cambios en la composición florística, en la fisonomía del paisaje original, como así también de la pérdida de especies vegetales. Sumado a las actividades extractivas, prácticas agrícolas, el sobrepastoreo y el turismo, ha conducido a un deterioro marcado de la vegetación original y es uno de los factores responsables de la reducción de la superficie y riqueza florística del Bosque Serrano (Cabido y Zak, 1999; Ferri *et al.*, 2009).

Particularmente en la provincia de Córdoba se han registrado incendios que afectaron superficies de 62.000 ha en el año 2008 y de 100.000 ha en el año 2009 (SADSN, 2009; SADSN, 2010).

El fuego, factor asociado a la estacionalidad del clima del Chaco Sudamericano, y el corrimiento de la frontera ganadera hacia regiones marginales de nuestro país, empujada por el avance de la agricultura, ponen de manifiesto la importancia de la producción forrajera de los pastizales naturales, así como de las especies arbóreas, arbustivas y trepadoras asociadas a las pasturas (Fernández Mayer, 2010).

La baja productividad forrajera de estos ambientes se encuentra acentuada por la escasa o mala subdivisión de los campos y por el desconocimiento sobre la utilización de recursos forrajeros de bajo costo y fácil acceso (De Gea, 2007; Quiroga *et al.*, 2009). La ganadería de cría bovina y caprina es una de las actividades agropecuarias más difundidas.

La dieta del ganado se basa casi exclusivamente en los recursos forrajeros espontáneos del pastizal, sólo una pequeña parte de la dieta, en momentos en que la oferta del pastizal es deficiente en cantidad y/o calidad, la integran algunas leñosas, subleñosas y herbáceas, accesibles para los animales (Díaz, 2003; Díaz, 2009; Quiroga *et al.*, 2009). Por otro lado, la importancia forrajera de las especies está determinada por la preferencia de los animales hacia ellas, entendiendo por preferencia a la elección voluntaria de los animales en ambientes sin restricciones de alimento (Díaz, 2009).

ESPECIES FORRAJERAS EN ZONAS INCENDIADAS DEL BOSQUE CHAQUEÑO

Rossi *et al.* (2002) indican que los pastizales en el Árido Subtropical argentino se componen principalmente de gramíneas megatérmicas (C₄) que sólo vegetan durante el período estival y que, para la producción ganadera, el ramoneo de leñosas forrajeras constituye un importante aporte para la dieta de vacunos y caprinos, siendo durante el período otoño-invernal (estación seca) donde el follaje de los árboles y arbustos es particularmente valioso por ser una fuente de calidad forrajera. En estos ambientes son frecuentes e importantes recursos, algunas Fabáceas herbáceas nativas, tanto perennes, *Galactia* spp. y *Adesmia muricata*, como anuales, *Mimosa* sp. (Díaz, 2009).

Estudios recientes han tratado la situación de la vegetación en las sierras de Córdoba mediante el uso de imágenes satelitales (Cabido y Zak, 1999; Ravelo, 2002; González *et al.*, 2006), o realizando inventarios florísticos (Giorgis *et al.*, 2011) en su mayoría de interés etnobotánico (Verzino *et al.*, 2005; Barrionuevo *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2006; Molinelli *et al.*, 2006), siendo escasos los trabajos referidos a la capacidad de regeneración de las especies vegetales en circunstancias posteriores al incendio (Barchuk y Díaz, 1999; Everson, 2001). En relación a esto último, evaluaciones florísticas post-incendio en campos de sierras ubicados en el cordón de las Sierras Chicas (Fuentes *et al.*, 2009, Martinat *et al.*, 2009a; Fuentes *et al.*, 2010; Martinat y Fuentes, 2010), han revelado que las especies de mayor valor forrajero en esas zonas, pertenecen fundamentalmente a las familias Fabáceas y Poáceas, las cuales representan el 19 % del total de especies inventariadas y el 61 % del total de forrajeras. Las Poáceas, en su mayoría, están

representadas por especies perennes de ciclo estival (82 % de C₄), entre las que se destacan dos adventicias, *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees y *E. tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud., y una nativa, *Setaria lachnea* (Nees) Kunth, por ser las más consumidas, abundantes y con importantes valores de cobertura. Las Fabáceas más comidas por los animales, con alta frecuencia pero pobres en cobertura son *Galactia latisiliqua* Desv., *Rhynchosia senna* Gillies ex Hook. y *Rhynchosia edulis* Griseb. Estas especies se constituyen en importantes recursos forrajeros frecuentes en zonas serranas de Córdoba disturbadas por incendios que presentan, como vías regenerativas, la multiplicación vegetativa (Weberling *et al.*, 2002; Kraus y Basconsuelo, 2009) y/o la reproducción sexual mediante la germinación de semillas (Martinat *et al.*, 2009a, 2009b; Fuentes *et al.*, 2010; Martinat y Fuentes, 2010; Fuentes *et al.*, 2011; Martinat y Fuentes, 2011).

Se hace necesario profundizar los conocimientos a través de exhaustivas investigaciones, para generar estrategias que permitan aprovechar la biodiversidad vegetal presente en estas áreas.

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA, IMPORTANCIA Y ANTECEDENTES DEL COMPORTAMIENTO FRENTE A CHOQUES TÉRMICOS DE ALGUNAS ESPECIES DE FABÁCEAS Y POÁCEAS

Galactia latisiliqua* Desv. var. *latisiliqua

Diocleinas, Faseóleas, Fabóideas, Fabáceas

N. V.: “Porotillo rosado”

Originaria de Sudamérica cálida occidental, desde las Guayanas hasta el centro de la Argentina y el Uruguay (Burkart, 1987). En Argentina crece en las provincias de Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Santa Fe y Tucumán. Países limítrofes: Brasil, Paraguay y Uruguay (Zuloaga *et al.*, 2009).

Vive en suelos secos y pedregosos, en barrancas arcillosas o cerros bajos. Está citada como recurso forrajero (Burkart, 1952), espontáneo del Chaco Semiárido, de la cual el ganado consume sus hojas y la planta entera (Díaz, 2009). La presencia de nódulos en

sus raíces la convierten en una especie potencialmente útil en los procesos de fijación de nitrógeno (Beyra Matos *et al.*, 2005). Estos últimos autores mencionan, para ciertas especies de *Galactia*, un buen rendimiento de proteína bruta en los pastizales.

Planta herbácea perenne, rara vez arbustiva, erecta o ascendente, muy poco voluble en el ápice, trepadora, de menos de 1 m de alto (Fig. 2.1 A). Pubescente hasta subvellosa en todas sus partes, verde-grisácea. Raíz principal única, cilíndrica, breve, no engrosada. Tallos delgados, cilíndricos, no ramificados arriba, partiendo de una corona epicotiledonar. Hojas pinado-trifolioladas, con estipelas, pecíolo alargado de 0,6-3 cm de longitud y raquis de 0,5-1 cm de longitud; folíolos pubescentes en ambas caras, cartáceos, pinati-retinervados, elíptico-ovalados, obtusos, mucronulados a emarginados, verde-pálidos, concolores, con márgenes lisos, el apical poco diferente de los laterales, un poco mayor, midiendo ordinariamente de 2,5 cm de largo por 1,5-3,5 cm de ancho, rara vez hasta 6-7 cm de largo por 3-5 cm de ancho (Fig. 2.1 B). Flores reunidas en número de 2-5 (-7) en racimos axilares y dispuestas de 1-3 por nudo. Inflorescencia con pedúnculo breve y pubescente, raquis de hasta 3 cm de largo, provistas de brácteas caedizas y bractéolas persistentes, lanceoladas y pubescentes. Flores hermafroditas, con pedicelos de menos de 5 mm y relativamente pequeñas de 7-12 mm de longitud. Cáliz tetráfilo con el diente superior más ancho, originado por la soldadura de dos sépalos, subviloso, los dientes alcanzan $2/3$ de la longitud de la corola. Corola abierta rosado-blanca a violáceo-lila o celeste, a veces amarillo-pálida al marchitarse, glabra, pentámera, cigomorfa, tipo papilionada, es decir imbricada descendente, el estandarte con pequeñas aurículas no inflexas y la quilla subobtusada. Estambres 10, diadelfos, con el estambre vexilar libre. Polinización entomófila, vía Himenópteros. Gineceo unicarpelado con el estilo incurvo, glabro, estigma inconspicuo y ovario brevemente estipitado, densamente seríceo-viloso y 6-10 ovulado. El fruto es una legumbre subsésil, de 3,5-5 cm de largo por 5,5-7 mm de ancho, con dehiscencia elástica, recta o con el ápice levemente incurvo, brevemente recurvo-rostrada, algo comprimida, con leves constricciones entre las semillas, densa y brevemente velutino-pubescente (Fig. 2.1 C y D). Las semillas están en posición oblicua, rodeadas de falsos tabiques celulósicos. (Burkart, 1971; Polhill y Raven, 1981; Burkart, 1987; Wheeler *et al.*, 1992a).

Las semillas de especies pertenecientes a este género poseen trazas de endosperma restringido a la región del embrión, adnato al tegumento el cual es duro (Wheeler *et al.*, 1992a; Kirkbride *et al.*, 2003). Existen antecedentes sobre el efecto de las altas temperaturas en semillas de otras especies de *Galactia*. Williams *et al.* (2003) relacionaron la dormición de semillas de seis especies de Fabáceas, entre las cuales se incluyó a *G. tenuifolia*, con el efecto del fuego. *Galactia smallii* H. J. Rogers ex Herndon, de propagación por semilla, presenta una demora de varios meses para germinar y a menudo lo hace en respuesta al fuego; está citada con peligro de extinción cuando se suprime el fuego en ambientes pirófilos y florece más profusamente luego de un incendio (CPC, 2010; USFWS, 2010). Bolin (2009) aplicó el término de dormición física y realizó tratamientos de choque térmico sobre semillas de *Galactia regularis* (L.) Britton, Sterns & Poggenb.

***Rhynchosia edulis* Griseb.**

Cajaninas, Faseóleas, Fabóideas, Fabáceas

N. V.: “porotillo”, “batatillo”

Originaria de Sudamérica cálida, especialmente en la parte occidental, encontrándose desde el S de Estados Unidos de Norte América hasta el N de Argentina. En nuestro país crece en las provincias de Chaco, Córdoba, Corrientes, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Santa Fe y San Luis. Países limítrofes: Bolivia, Brasil y Paraguay (Fortunato, 1983; Zuloaga *et al.*, 2009).

En Argentina, normalmente se la encuentra en suelos de escaso desarrollo de los bosques serranos (Kraus y Basconsuelo, 2009). Florece en verano (Fortunato, 1983; Burkart, 1987) y está citada como medicinal y recurso forrajero espontáneo del Chaco Semiárido, de la cual el ganado consume la planta entera (Burkart, 1987; Díaz, 2009). Para otra especie del género, *R. reniformis* DC., Hiers y Mitchell (2007) han encontrado elevados niveles de fijación de nitrógeno en tratamientos con quemas.

Planta perenne, herbácea voluble, trepa hasta 2,5 m de altura, rara vez sólo postrada (Fig. 2.2 A). Cubierta de una pubescencia tenue, generalizada en todos los órganos, y a

menudo, cerditas híspidas, amarillentas, más o menos abundantes, además de las características glándulas punctiformes abundantes en el hipófilo, cáliz, estandarte, ovario y legumbre. Raíz axonomorfa, leñosa, a veces napiforme de hasta de 4 cm de diámetro. Rizomas filiformes viajeros, amarillentos, que nacen del cuello epicotiledonar junto con ramas aéreas trepadoras; estos rizomas arraigan con el tiempo y forman raíces adventicias fusiformes que originan vegetativamente nuevas matas. Tallos delgados, volubles, cilíndricos y estriados. Hojas pinado-trifoliadas con un pecíolo delgado de 1,5-5,5 cm de longitud y estípulas oblongo-lineares de 5-6 mm de largo; raquis de 6-16 mm de longitud y folíolos cartáceo-membranáceos, concolores o escasamente discolorados, cubiertos de una fina y rala pubescencia, solo glandulosos en la cara abaxial, con estipelas; el folíolo apical aovado-rómbico, agudo o acuminado, de base anchamente cuneada o truncada, de 1,5-6 cm de largo por 1-4,5 cm de ancho; los folíolos laterales similares pero algo menores y asimétricos en la base (Fig. 2.2 B). Flores fértiles, hermafroditas, reunidas de 2-20 en racimos axilares simples o con 1-3 ramificaciones, de 2,5-20 cm de longitud, con nectarios florales, brácteas caducas y bracteolas nulas. Flores pediceladas, con un cáliz pubescente y a veces nigreo-punteado, menor que la corola; corola amarilla, papilionada, estandarte pubescente por fuera y glanduloso-punteado; estambres 10, diadelfos; gineceo unicarpelado, biovulado, con el ovario con las caras laterales glandulosas y pubescentes, estilo incurvo y glabro. El fruto es una legumbre elipsoide con (1-)2 semillas (Fig. 2.2 C y D), elásticamente dehiscente, erguida, oboval-oblonga, comprimida, no constricta entre las semillas, pubescente y más o menos cerdoso-híspida (Fig. 2.2 E), de 1,5-2,5 cm de largo por 0,5-1 cm de ancho, con un mucrón de 2-4 mm de longitud (Polhill y Raven, 1981; Fortunato, 1983; Burkart, 1987; Wheeler *et al.*, 1992b; de la Peña y Pensiero, 2004).

Las semillas de especies de *Rhynchosia* poseen trazas de endosperma, restringido a la región del embrión, adnato al tegumento el cual es duro (Kirkbride *et al.*, 2003). Poseen además, dormición física debido a la impermeabilidad de sus tegumentos, tal como lo hallado por Haider Ali *et al.* (2011) para *Rhynchosia capitata* (B. Heyne ex Roth) DC. y por diversos autores en estudios realizados sobre *Rhynchosia minima* (L.) DC., muy estudiada por su interés forrajero (Shaukat y Burhan, 2000; Lloyd-Reilly *et al.*, 2002; Madueño-Molina *et al.*, 2006). Otros autores (Shaukat y Burhan, 2000; Madueño-Molina *et al.*, 2006; Cruz Medina y Orozco-Almanza, 2010) han realizado tratamientos con altas

temperaturas para promover la germinación de las semillas duras de especies de este género.

***Setaria lachnea* (Nees) Kunth**

Panáceas, Panicóideas, Poáceas

Sin.: *Setaria leiantha* Hack. Se cita este sinónimo por ser uno de los nombres más frecuentemente usado en la bibliografía cuando se hace referencia a esta especie.

N. V.: “avena del monte”, “cola de gato”, “cola de zorro”, “cola de zorro grande”, “moha perenne”, “pasto setaria”, “sorgo del monte”, “sorguito”.

Es una especie nativa de nuestro país, se distribuye en las provincias de Buenos Aires, Catamarca, Chaco, Córdoba, Corrientes, Distrito Federal, Entre Ríos, Formosa, Jujuy, La Pampa, La Rioja, Misiones, Salta, San Juan, San Luis, Santa Fe, Santiago del Estero y Tucumán. Crece también en Paraguay, Uruguay, Bolivia, Perú, Venezuela y es rara en Brasil (Morrone y Zuloaga, 1995; Zuloaga *et al.*, 2009).

Habita frecuentemente los suelos fértiles de campos naturales o cultivados, en bosques, márgenes de ríos, vías férreas y en laderas pedregosas de cerros, del centro y norte de nuestro país. Crece formando extensas colonias o matas aisladas, desde el nivel del mar hasta los 2.550 msnm (Pensiero, 1993; Morrone y Zuloaga, 1995; Pensiero, 1999), en sitios con precipitaciones de 450 a 1.300 mm anuales (Exner *et al.*, 2010). Se trata de una especie con proceso fotosintético tipo C₄, NADP-ME (Morrone y Zuloaga, 1995; Pensiero, 1999).

A este género pertenecen numerosas especies de importancia económica, como *S. italica* (L.) P. Beauv., cultivada como cereal desde épocas prehistóricas, y como *S. sphacelata* (Schumach.) Stapf y C.E. Hubb., importante forrajera cultivada en diversas regiones tropicales y subtropicales de Asia, África y Sudamérica (Caponio y Pensiero, 2002).

Setaria lachnea (Nees) Kunth se caracteriza por su perennidad, velocidad de crecimiento y por vegetar durante el período libre de heladas, en un amplio rango de tipos de suelos. Diversos autores han destacado su producción y calidad forrajera, con aptitud para ser utilizada durante el invierno como pastura diferida (Covas y Frecentese, 1983; Guaita *et al.* 1989; Pensiero *et al.*, 1995). Es un recurso forrajero de buen valor, espontáneo del Chaco Semiárido, con follaje tierno y cañas duras por lo cual interesa su domesticación y se recomienda su introducción al cultivo (Covas, 1978; Covas y Frecentese, 1983; Pensiero, 1999; Díaz, 2009; Exner *et al.*, 2010; Pensiero *et al.*, 2011) y la implementación de mejoramiento genético con dicha finalidad (Pensiero *et al.*, 2005). En relación con la domesticación de esta especie, su variabilidad en la floración permitirá seleccionar genotipos con un período vegetativo más prolongado, seleccionando aquellos con un inicio de floración más tardío, lo que permitirá extender la producción de forraje de mejor calidad, dado que es el inicio de la floración lo que produce la disminución de la calidad forrajera (Guaita *et al.*, 1989).

Schrauf *et al.* (1996) mencionan que los materiales de moha perenne provenientes del norte del país se destacan en algunas de sus características forrajeras, tales como producción de biomasa y macollaje, aunque señalaron algunas deficiencias relacionadas con su producción de semillas y el comportamiento germinativo de las mismas, donde el amplio rango de variación permitiría seleccionar plantas con una buena producción de semillas y aceptable comportamiento germinativo.

En cuanto a la calidad forrajera, *Setaria lachnea* presenta un contenido de proteína superior al 15 % hasta el inicio de su floración, disminuyendo en estado reproductivo a 5,85 % de proteína en lámina, siendo éste un carácter altamente heredable (Guaita *et al.*, 1989; Exner *et al.*, 2010). En cuanto al contenido de FDA (Fibra Detergente Ácido), otro parámetro utilizado para evaluar calidad forrajera, Giavedoni *et al.* (1996) hallaron los mejores valores (42 %) en una población de Santa Fe, con respecto al de otras de Jujuy y La Pampa.

Se trata de una planta perenne, cespitosa, con innovaciones intravaginales, cañas simples o ramificadas, a veces geniculadas y enraizadas en los nudos inferiores, de 0,6-

1,5(-2) m de alto (Fig. 2.3 A) que se propaga por semilla. Vainas de las hojas superiores glabras, a veces las inferiores hirsutas, con pelos de base en cojinete, escabrosas con los márgenes glabros o ciliados; lígula membranáceo-ciliada, de 1,8-4 mm; láminas lanceoladas o linear-lanceoladas de 12-35 cm de largo por (0,8-)1-2,2 cm de ancho, planas, algo cordadas en la base; las jóvenes por lo general hirsutas en ambas caras o sólo en el haz cerca de la lígula, pelos 1-5 mm de base en cojinete, las más desarrolladas normalmente glabras, escabrosas, aserradas en los márgenes, nervio medio notorio y ápice agudo. Inflorescencia general en panoja espiciforme, densa, cilíndrica, a veces algo interrumpida, de 7-25 cm de largo por 0,9-3,5 cm de ancho incluyendo las setas, ramas breves de 0,7-1,7 cm; raquis hirsuto (Fig. 2.3 B). Inflorescencia elemental en espiguilla ovoide, de 1,9-2,2 mm de largo por 1-1,3 mm de ancho, dorsalmente comprimida, acompañada por 1(-2) setas antrorso-escabrosas de 1,2 cm de largo; gluma inferior alcanzando la mitad del largo de la espiguilla, (1-)3-nervia, ápice agudo u obtuso; gluma superior de medio a tres cuarto del largo del antecio superior, 5-7-nervia, brevemente apiculada (Fig. 2.3 C). Espiguilla por lo general biflora; antecio superior, siempre presente, perfecto, ovoide, de 1,9-2,2 mm de largo por 1-1,3 mm de ancho, pajizo, amarillo-verdoso o castaño, lemma lisa o ligeramente rugosa, con surcos inconspicuos, lustrosa, apiculada; antecio inferior por lo general reducido, asexual o con una flor estaminada o más rara vez perfecta, con glumelas de consistencia coriácea, lemma de igual largo que la lemma superior, 5(-7)-nervia, pálea angosta, alcanzando o igualando el largo de la pálea superior. El fruto es una cariopsis elipsoide, pajizo u oliváceo, de 1,1-1,3 mm de largo por 0,7-1 mm de ancho (Morrone y Zuloaga, 1995; Pensiero, 1999; Clayton *et al.*, 2006).

Las envolturas de las cariopsis, lemma y pálea, son responsables de la dormición que afecta la germinación, ya sea por actuar como una barrera física al pasaje de oxígeno o agua o por poseer inhibidores (Ahring *et al.*, 1975; Reeder, 1977; Okada, 1985; Ernst *et al.*, 1991; Pensiero *et al.*, 1995; Martino *et al.*, 1996; Schrauf *et al.*, 1998; Cabrera, 2002; Exner *et al.*, 2005; Pensiero *et al.*, 2005; Toniutti y Fornasero, 2008; Pensiero *et al.*, 2011).

Las semillas de especies de este género pueden permanecer viables por mucho tiempo retrasando la germinación (Fenner, 1985). Estudios realizados por Kelch (2012) con semillas de *S. pumila* y *S. viridis*, demostraron la presencia de dormición en la

maduración e indicó que requieren un período postcosecha de 2-4 meses antes de poder germinar, en tanto que Silcock (1971) logró aumentar un pequeño porcentaje de germinación al someter al calor, hasta 60 °C, semillas de *S. sphacelata* con dos meses de almacenamiento. Silcock (1971) y Silcock *et al.* (1990) también realizaron ensayos con altas temperaturas en semillas de *Setaria lachnea*, observando su efecto en la viabilidad.

***Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud.**

Eleusininas, Eragrósteas, Eragrostóideas, Poáceas

N. V.: “paja del niño Dios”, “*elastic grass*”, “*wiry lovegrass*”

Originaria de África tropical, se ha naturalizado en la India, Nueva Guinea, Australia y también en América, desde Méjico hasta la Argentina. En nuestro país crece en el N y centro: Corrientes, Formosa, Jujuy, Misiones, Salta, Tucumán y Córdoba. También crece en Bolivia, Brasil y Chile (Zuloaga *et al.*, 2009). Negritto *et al.* (2003) la mencionan como adventicia en bordes de caminos y zonas de cultivos. Crece desde el nivel del mar hasta los 3000 m y florece comúnmente en verano (Gwen, 1993). Se trata de una planta C₄, del subtipo anatómico XyMS+, PCK (Negritto *et al.*, 2003).

Guru *et al.* (2008) y Mohammed y Bekele (2010) citan a esta especie como pasto palatable de baja productividad que por lo general invade pasturas sobrepastoreadas. Es consumida por el ganado, resistente al pisoteo, fuego y difícil de arrancar con la mano; anteriormente era considerada una maleza a los costados de caminos, terrenos baldíos y parques (Jung *et al.*, 2008). En la zona de estudio, Fuentes *et al.* (2010) observaron que es notablemente consumida por el ganado conjuntamente con *E. curvula*, especie frecuentemente usada con fines forrajeros y con calidad forrajera semejante a la de *E. tenuifolia* (Martinat y Fuentes, 2010). Posee raíces profundas y matas densas que le permiten incrementar o permanecer en un número estable luego del fuego y, junto a su agresividad, desplaza a la flora nativa (Halvorson y Guertin, 2003a). Se presume que *E. tenuifolia* fue introducida a la Ea. Las Higuierillas mediante una siembra aérea con semilla contaminada de *E. curvula*, realizada con la finalidad de revegetar el área en situaciones

post-incendio, práctica de costumbre para el control de la erosión en áreas con sierras y pendientes pronunciadas (Halvorson y Guertin, 2003a).

Planta perenne, cespitosa, glauca (Fig. 2.4 A y B) que se propaga por semilla. Cañas de 30-75 cm de altura, erectas o raramente geniculadas, glabras, suaves, débilmente estriadas, escasamente ramificadas o simples, con brotes basales lateralmente comprimidos. Hojas con vainas aquilladas, pilosas, escabrosas en los márgenes, débilmente glandulares a lo largo de la quilla. Lígulas ciliadas con pelos de hasta 0,50 mm, con mechones de pelos a los lados. Láminas planas a subconvolutas, de 4-30 cm de longitud y 1-3 mm de ancho, largamente acuminadas, cara abaxial con abundantes pelos crateriformes; usualmente pilosas, escabrosas en la superficie adaxial y márgenes suaves con algunas glándulas, nervadura central marcada en cara abaxial. Inflorescencia general en panojas laxas, elípticas, erectas o algo nutantes, de 5-25 cm de largo por 4-12 cm de ancho; pedúnculo cilíndrico o angular, glabro; ramificaciones y pedicelos angulares, glabras, con pelos capilares en las axilas de hasta 1,5 mm de longitud; pedicelo con una glándula, a veces indiferenciada, debajo de la espiguilla. Inflorescencia elemental en espiguilla linear, verde-olivácea, de 3-12 mm de largo por 2 mm de ancho, 4-14-flora, márgenes aserrados, los antecios primero adpresos a la raquilla y luego divergentes; raquilla persistente con entrenudos de 0,5-0,75 mm de longitud (Fig. 2.4 C). Glumas diminutas, lanceoladas, enerves, agudas, aquilladas, glabras separadas entre sí por un entrenudo evidente, caedizas; la inferior 0,5-1 mm de longitud, la superior 0,8-1,4 mm long. apenas alcanzando la base de la segunda lemma. Lemma oblongo-elíptica, de 1,8-2,5 mm de longitud, aguda, 3-nervia, glabra, caediza, mútica con la quilla por lo general escabrosa. Pálea persistente, algo menor que su respectiva lemma, biaquillada, glabra, escabrosa en la quilla (Fig. 2.4 D). Flores perfectas, casmógamas. Ovario con 2 estilos y estigmas plumosos. Anteras 3, de 0,4-0,9 mm de longitud. Lodículas 2. El fruto es una cariopsis castaño-claro, 0,75-1,1 mm de longitud, oblongo, casi plano, por compresión lateral, rectangular en sección transversal, dorsalmente estriado, superficie reticulada, truncado (a veces obtuso) en el ápice y la base, con pequeñísimas depresiones irregulares en el dorso y surco ventral (Clayton *et al.*, 1974; Gwen, 1993; Cope, 1999; Negritto *et al.*, 2003; Jung *et al.*, 2008; PIER, 2010).

La germinación de las semillas de esta especie, y de otras pertenecientes al mismo género, ha sido ampliamente estudiada por diversos autores (Halvorson y Guertin, 2003a; Ruiz *et al.*, 2005; Petruzzi *et al.*, 2006; Carrillo Saucedo *et al.*, 2009). Además, se han realizado diversos tipos de escarificación química, mecánica y térmica sobre las semillas logrando aumentos en la germinación, probablemente por incrementar la permeabilidad de la cubierta seminal al agua y gas, o por la reorganización de algunos componentes estructurales y/o desnaturalización de otros o por la alteración de la barrera provocada por una sustancia gelatinosa presente en la cubierta seminal (Haferkamp y Jordan, 1977; Ruyle *et al.*, 1988; Hardegree y Emmerich, 1993; Halvorson y Guertin, 2003a; Halvorson y Guertin, 2003b; Veneciano, 2006). Esta sustancia gelatinosa se asocia con una dormición debida a la impermeabilidad al intercambio de gases (García Breijo, 2003). También se habla de dormición secundaria, inducida por las altas temperaturas (Barceló Coll *et al.*, 2007), y de dormición post cosecha (Halvorson y Guertin, 2003a).

No se registran descripciones detalladas de las semillas de las cuatro especies descritas, que permitan su caracterización e identificación.

LOS INCENDIOS Y LAS COMUNIDADES VEGETALES

El fuego es la manifestación de una reacción química exotérmica que se produce cuando se aplica suficiente calor a una sustancia combustible en presencia de oxígeno (Kopta, 1999). Se habla de fuego cuando está bajo el control del hombre y éste lo usa con todo cuidado. En cambio, el término incendio se refiere al fuego cuando ha salido de control, destruye lo que encuentra a su paso y requiere de su extinción (Protección civil UNAM, 2006).

En pocas oportunidades los incendios se producen por causas naturales, como sería por la caída de un rayo, casi siempre son originados directa o indirectamente por personas. Estos actos poseen una mezcla de irresponsabilidad, ignorancia, indiferencia e insensibilidad (Kopta, 1999).

En numerosas ocasiones en las que el incendio tiene un origen antrópico, éste es originado intencionalmente, como cuando se queman: los pastizales en invierno para que

en primavera el rebrote sirva de alimento al ganado; para eliminar garrapatas, víboras o roedores posibles vectores de enfermedades; para manejar la práctica de la caza o para eliminar el material vegetal remanente de baja calidad antes de pastorear con ganado doméstico; para eliminar rastrojos; en bosques, para abrir campos para la agricultura y la ganadería o para obtener leña; en las banquinas, costados de las vías férreas y lotes baldíos, para limpiarlos de malezas (Anderson, 1984; Kopta, 1999).

Otras veces, las personas producen incendios en forma accidental, como cuando se encienden fogones al disfrutar de un día de campo, se tiran colillas encendidas de cigarrillos a las banquinas o en el campo, se arroja basura compuesta por vidrios que actúan como lupas que concentran los rayos solares sobre material combustible iniciando una llama, entre otras (Todo bomberos, 2010; Smekal, 2011).

Los trópicos incluyen algunos tipos de bosques en los cuales los incendios periódicos son parte del sistema, es decir, ecosistemas influidos por el fuego, pero donde las quemadas excesivas son una clara amenaza. Si se elimina o se aumenta el fuego, o se altera o restringe uno o más de los componentes del régimen del fuego de manera tal que el rango de variabilidad en un ecosistema dado ya no sea el adecuado, ese ecosistema se transformará en algo diferente y se perderán hábitats y especies, ya que los regímenes de incendios que están sufriendo exceden los parámetros naturales provocando graves consecuencias ecológicas (Myers, 2006; Pausas, 2010; Whelan, 2010).

Cualquiera sea su origen, los incendios generan problemas de índole ecológico, económico y social. Entre los ecológicos, disminuyen la biodiversidad, especies vegetales y animales mueren quemadas subsistiendo sólo las resistentes al fuego o aquéllas que colonizan rápidamente. Además, se dificulta la regeneración natural cuando se queman plántulas y semillas de los bancos superficiales del suelo. Los ambientes frágiles y los hábitats de la flora y de la fauna se destruyen de manera irreversible; se favorece la erosión, la degradación y el empobrecimiento del suelo debido a la eliminación de la cubierta vegetal que lo protege, de la microflora y de la microfauna, al calcinamiento de la materia orgánica y a la pérdida de la capacidad de infiltración del agua y de retención de la humedad. Contribuyen también a la contaminación del aire y de los cursos y reservorios de agua (Kopta, 1999; Miranda, 2003; Frascaroli, 2008).

La alteración de la vegetación, por cualquier factor, puede influenciar la naturaleza de un fuego subsiguiente. Comprender los procesos ecológicos que permiten a la comunidad de plantas recuperarse luego de disturbios naturales, tales como el fuego, contribuye al éxito en los esfuerzos realizados para revegetar áreas luego de disturbios realizados por el hombre (Whelan, 2010).

Los incendios son de frecuente ocurrencia en las regiones de clima mediterráneo de todo el mundo. Por esa razón están bien establecidas las diferencias relativas en la productividad y la composición de los ecosistemas antes y después de los incendios, así como muchos de los factores que afectan la respuesta al fuego por parte de las comunidades vegetales. Estos factores incluyen, entre otros, las formas de liberación de las semillas de la canopia, la ubicación en el suelo, la capacidad de germinación de las semillas, la capacidad de recuperación de órganos vegetativos, la disponibilidad de nutrientes, los cambios en la población de herbívoros (Granström y Schimmel, 1993; Hanley *et al.*, 2001; Tyler y Borchert, 2003; Buhk y Hensen, 2006).

En las zonas en las que los fuegos son frecuentes, la periodicidad de los incendios ha sido un importante factor de selección sobre ciertas características anatómicas y fisiológicas de las especies, y contribuyen en gran medida a la estabilidad y mantenimiento de este tipo de comunidades (Vázquez Yanes *et al.*, 2010).

BANCO DE SEMILLAS DEL SUELO - COMPORTAMIENTO POST-INCENDIO

La recuperación del medio natural tras un incendio, en términos generales, depende de las especies presentes y de sus características regenerativas fundamentalmente. Los incendios forestales generalmente destruyen la parte aérea de la vegetación, entonces, la regeneración del área perturbada depende en gran medida de las semillas almacenadas en el suelo, las cuales pueden ser afectadas por el fuego modificando su respuesta germinativa (Casal *et al.*, 2001; Ferri *et al.*, 2009). Por otro lado, las condiciones para la germinación y rebrote, tales como la temperatura y el régimen de precipitaciones, son los aspectos climáticos que más pueden afectar a la regeneración post-fuego (Martínez, 2007).

Cabe mencionar que el banco de semillas constituye la “memoria” de las condiciones ambientales prevalecientes en el pasado así como las más recientes. Los bancos de semilla del suelo resistentes al fuego, reducen los riesgos de disminución o de extinción de las especies (Haretche y Rodríguez, 2006). Por lo tanto, el conocimiento de los reservorios de semillas en el suelo, en un escenario donde las comunidades están siendo transformadas de forma acelerada por la intervención humana, constituye una herramienta básica para el manejo y restauración de la vegetación (Funes *et al.*, 2003; Hanley *et al.*, 2003; Haretche y Rodríguez, 2006).

Cuando las semillas se acumulan en el suelo pueden formar un banco de tipo transitorio si germinan antes del año de la dispersión original, o persistente cuando permanecen en el suelo por más de un año (Ferri *et al.*, 2009). Los bancos permanentes son conocidos como de esencial importancia para el éxito reproductivo de muchas especies de reproducción obligada por semilla, durante la sucesión primaria post-fuego. El efecto de las quemaduras sobre el banco de semillas ha sido estudiado principalmente en ecosistemas pirófilos, en los cuales los factores que influyen a las semillas están, en su mayoría, relacionados con el efecto del fuego, tales como: calor, sustancias químicas derivadas de la vegetación quemada, liberación de compuestos tóxicos, incremento de la luz y estratificación (Baskin y Baskin, 1989; Parker y Kelly, 1989; Vleeshouwers *et al.*, 1995, Thompson *et al.*, 1998). Estos factores influyen de diversas maneras: eliminando las semillas o inhibiendo la germinación, como sería el caso del calor en el momento de la quema en la capa superficial del suelo, o estimulando la germinación después de la quema (Cardenas *et al.*, 2002). Este último comportamiento es frecuente en especies de diversos tipos de vegetación, muchas de ellas pertenecientes a familias como las Fabáceas, carácter que comúnmente se interpreta como una adaptación (Díaz Vizcaíno e Iglesia Rodríguez, 2005; García *et al.*, 2007; García *et al.*, 2010).

Cabe destacar, además, que los incendios, tanto a nivel de la canopia como a nivel del suelo, son muy variables en intensidad, y que la heterogeneidad espacial dentro de un área incendiada puede afectar significativamente los patrones de recuperación post-fuego de las semillas (Hanley *et al.*, 2001). Salgado (1997) indica que los termogramas de los incendios forestales muestran un primer pico que alcanza entre los 50 y 150 °C, debido a la deshidratación del suelo y a la pérdida de las sustancias más volátiles, y que la temperatura

máxima alcanzada por los suelos durante el quemado, que es un indicativo de la intensidad del incendio, puede oscilar entre los 176 °C y los 418 °C, correspondiendo los valores más bajos a suelos que sufrieron una menor pérdida de materia orgánica durante la quema. Estudios realizados 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 distintas clases de combustibles finos, mientras que los cambios a mayor profundidad son despreciables. En fuegos de combustibles gruesos, a 2,5 cm del suelo las temperaturas variaron entre 90 y 195 °C, alcanzando un valor de 50 °C a los 5 cm. Experiencias llevadas a cabo en el sudeste de Australia (Bradstock y Auld, 1995; Hanley *et al.*, 2003) indican que la capacidad del fuego para romper la dormición de las semillas declina con la profundidad de las mismas en el suelo. La menor germinación, debajo de los 5 cm, puede atribuirse a la eficacia reducida de la entrada del fuego para romper la dormición, a una menor habilidad de las semillas para germinar a dichas profundidades o a la menor abundancia de semillas en dichas profundidades. Por otro lado, Hanley *et al.* (2003) sugieren que mientras el tamaño de las semillas puede ser un predictor general del éxito post-fuego bajo diferentes regímenes de fuego, la interacción entre el tamaño de las semillas, la máxima profundidad para la emergencia de las plántulas y la habilidad de resistir a diferentes temperaturas de choque térmico es compleja.

El rol del choque térmico sobre la germinación de las semillas es uno de los fenómenos más ampliamente estudiados (Hanley *et al.*, 2001). En laboratorio se han utilizado técnicas de simulación de los efectos del choque térmico que realiza el fuego sobre las semillas, para evaluar la participación de este factor en la capacidad de germinación de las mismas. Si bien el choque térmico provocado por el fuego, es conocido como un estimulante para la germinación de semillas almacenadas en el suelo en las comunidades propensas al fuego, la respuesta a la germinación de las diferentes especies es variable (Hanley *et al.*, 2003). Numerosos trabajos han demostrado que la aplicación de choques térmicos en rangos que oscilan 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 (Herranz *et al.*, 1998; Shaukat y Burhan, 2000; Hanley *et al.*, 2001; Williams *et al.*, 2003; Madueño-Molina *et al.*, 2006; Paula y Pausas, 2008; Bolin, 2009). La diferente tolerancia

de las semillas a las altas temperaturas puede provocar una influencia considerable sobre el desarrollo de la comunidad de plantas luego de un incendio (Hanley *et al.*, 2003).

Otro aspecto importante a considerar, es que muchas semillas presentan el fenómeno de latencia, dormición o letargo, el cual puede deberse a diversas condiciones. Entre ellas, la presencia de inhibidores en la cubierta seminal o a la restricción que esta última puede producir al intercambio gaseoso, como la captación de oxígeno, o al ingreso de agua (Olde, 2001; Barceló Coll *et al.*, 2007). Las semillas de ciertas familias como Fabáceas, poseen testa que es impermeable al agua, conocido como dormición física, en las cuales el letargo termina en el momento en que ésta se agrieta o debilita por acciones mecánicas o químicas, escarificación, o por un efecto físico ejercido por el ambiente (Baskin y Baskin, 2004; Galussi, 2005; Haider Ali *et al.*, 2011). Las actividades de la flora microbiana del suelo junto con diversas influencias térmicas, también pueden ir poco a poco erosionando estas envolturas duras hasta conseguir hacerlas permeables al agua. Sin embargo, este proceso puede durar varios años antes de que las semillas puedan germinar. Para obtener una imbibición rápida y uniforme pueden realizarse algunos tratamientos como cambios bruscos de temperatura (Barceló Coll *et al.*, 2007). Díaz (2011) observó una relación evidente entre la apertura del estrofiolo y el rompimiento de la latencia física en semillas de seis especies del género *Lupinus* (Fabáceas – Fábóideas) al someterlas al efecto de altas temperaturas en húmedo y en seco. Mientras que Baskin y Baskin (2004) demostraron que el calentamiento puede provocar la interrupción de la dormición mediante la ruptura de la cubierta seminal en regiones diferentes al estrofiolo. Este último ha sido descrito como la depresión longitudinal de la cubierta seminal ubicada debajo del hilo, equivalente a la palabra “lente” empleada comúnmente por otros autores (Castillo y Guenni, 2001).

Se ha observado que diversas especies vegetales poseen semillas capaces de tolerar altas temperaturas y aumentar su germinación bajo los efectos de éstas. Es muy probable que todas las semillas resistentes al calor presenten latencia de tipo físico debido a que su tegumento es impermeable al agua, y a que las semillas hidratadas son más susceptibles a sufrir daños al calentarse (Madueño-Molina *et al.*, 2006). Una testa impermeable impide que la semilla se embeba y por lo tanto queda protegida durante las quemas evitando que ciertos compuestos, como enzimas, nucleoproteínas y otras sustancias, se desnaturalicen

con el calor. La estructura del tegumento cambia con el calentamiento según la especie, y ello permite la entrada del agua o los gases al interior de la semilla. Este tipo de latencia está influenciada, en parte, por las condiciones ambientales existentes durante la maduración de las semillas, siendo común en especies de ambientes cálidos y secos (Galussi, 2005; Madueño-Molina *et al.*, 2006) y frecuente entre las Fabáceas, principalmente herbáceas, Malváceas y otras plantas que germinan abundantemente en el suelo de bosques recientemente incendiados (Vázquez Yanes *et al.*, 2010).

Una semilla dura se caracteriza por tener tegumento con mayor cantidad de componentes inorgánicos, como calcio, magnesio, manganeso, potasio, sodio y otros iones, y orgánicos como ceras, ligninas y taninos. Además, se ha evidenciado una capa de cutícula cerosa gruesa, macrosclereidas de mayor tamaño, la presencia marcada de osteosclereidas en el tegumento y una doble capa celular en la zona del estrofiolo (Bewley y Black, 1994; Galussi, 2005; Madueño-Molina *et al.*, 2006). Particularmente, una semilla de Fabáceas está constituida por el tegumento, formado por cutícula cerosa, epidermis (macrosclereidas), hipodermis (osteosclereidas) y parénquima; luego continúa el endosperma, con la capa de aleurona, y el embrión propiamente dicho integrado por el eje embrionario (radícula, hipocótilo y yema apical con los primordios foliares) más los cotiledones (Bewley y Black, 1994; Casini, 2006). Galussi (2005), ha expresado que una semilla dura, aún cuando sea viable, debe dejar su condición de dureza y convertirse en semilla permeable, sólo así podrá germinar y dar una plántula normal.

En Poáceas, al mencionar semillas, se hace referencia a sus cariopsis. En estas semillas, la dormición puede ser fisiológica y deberse fundamentalmente a una inhibición en la actividad de los embriones, provocando que las semillas sean incapaces de germinar inmediatamente después de cosechadas. Mediante el almacenamiento de las semillas en un sitio seco y a temperatura ambiente, éstas van perdiendo gradualmente la dormición y van siendo capaces de germinar cuando se las coloca en condiciones adecuadas.

Se cree, además, que la pérdida de dormición por almacenamiento en seco tiene relación directa con los cambios de las propiedades de las cubiertas de las semillas, tales como el aumento de la permeabilidad a los gases, aumento a la permeabilidad a los inhibidores presentes en los tejidos internos y disminución de la resistencia mecánica, así

como algunos ajustes metabólicos y hormonales (Camacho Morfin, 1994; Halvorson y Guertin, 2003a; Barceló Coll *et al.*, 2007). Tal es así que se habla de almacenamiento postcosecha de 2-4 meses en especies del género *Setaria* (Kelch, 2012) y de 5-6 meses para especies del género *Eragrostis* (Halvorson y Guertin, 2003a).

En algunas especies de *Cenchrus*, *Digitaria*, *Paspalum* y *Setaria*, las cubiertas de las cariopsis, conocidas como lemma y pálea, son las causantes de latencia debido a su dureza e impermeabilidad que puede ser debilitada con altas temperaturas (Gallart *et al.*, 2009; Otegui *et al.*, 2005). Sin embargo, temperaturas inadecuadas para la germinación pueden inducir a una dormición denominada secundaria o inducida (Barceló Coll *et al.*, 2007).

La germinación también puede verse favorecida por una cubierta de pectina en la superficie de los granos, tal como ocurre en especies de *Eragrostis*, la cual otorga una capacidad adaptativa que permite absorber y mantener la humedad (Kreitschitz *et al.*, 2009).

Se ha resaltado también, la interacción del choque térmico sobre el banco de semillas del suelo y la competencia de las semillas luego de una quema. La germinación de las semillas y las interacciones competitivas entre semillas colindantes puede ser de una importancia crítica en la determinación de la composición de la comunidad de plantas post-fuego (Hanley *et al.*, 2001).

Otro factor que puede afectar la germinación es el humo. Autores como Casal *et al.* (2001), Clarke y French (2005) y Ghebrehiwot *et al.* (2009), han realizado estudios acerca del efecto del humo sobre la germinación de semillas de diversas especies, particularmente de las familias Poáceas y Fabáceas. Los resultados hallados sugieren que el humo generado por las plantas y su interacción con la temperatura, pueden estimular o inhibir la germinación de las semillas, afectando el reestablecimiento de las especies en forma diferencial. Claramente el calor y el humo derivados del fuego, especialmente en combinación, son capaces de romper la dormición en una gran cantidad de especies, contribuyendo a la repentina germinación post-fuego (Olde, 2001). Los estudios realizados por Dixon *et al.* (1995) demuestran que numerosas especies nativas del oeste australiano respondieron positivamente al ser expuestas al humo derivado de vegetación nativa

quemada, siendo que previamente habían sido citadas como extremadamente difíciles o imposibles de germinar usando técnicas convencionales.

Teniendo en cuenta que la destrucción de los hábitats naturales y su fragmentación por las actividades humanas son dos de los principales procesos conductores de la crisis global de la biodiversidad, que los estudios sobre paisajes fragmentados son urgentes y deben ser considerados prioritarios (Galletto *et al.*, 2007) y que no existen referencias sobre la capacidad para germinar de semillas de especies forrajeras espontáneas, sean nativas o asilvestradas de las Sierras de Córdoba, después de haber sido afectadas por incendios, se realizó el presente trabajo de tesis.

HIPÓTESIS

- ◆ Las semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia*, especies forrajeras espontáneas de las sierras de Córdoba, germinan después del efecto del choque térmico que simula la acción de un incendio.
- ◆ La respuesta en la germinación de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia* varía según la intensidad del choque térmico que simula la acción de un incendio.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Conocer la respuesta germinativa de semillas de especies forrajeras de Fabáceas (*Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis*) y de Poáceas (*Setaria lachnea*, *Eragrostis tenuifolia*) espontáneas de las Sierras Chicas de Córdoba-Argentina, al efecto de choque térmico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar la exomorfoloía de semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia* presentes en el banco de semillas aéreo de la zona de estudio.
- Ajustar la técnica de germinación de semillas de las cuatro especies.
- Evaluar y comparar el efecto de choques térmicos de distinta intensidad en la germinación de semillas de las especies mencionadas.
- Determinar la viabilidad por tetrazolio de las semillas no germinadas, luego de ser aplicados los choques térmicos.
- Realizar un análisis integrado de los resultados de las pruebas de germinación y viabilidad por tetrazolio, posteriores al choque térmico.

MATERIALES Y MÉTODOS

MATERIAL DE ESTUDIO

Entre los criterios utilizados para seleccionar las especies objeto de estudio del presente trabajo, se consideró la importancia forrajera de Poáceas y Fabáceas censadas en la Estancia Las Higuerrillas durante los años 2008 y 2009 (Anexo 1), la abundancia de las especies y la evidencia de haber sido consumida por el ganado vacuno y ovino que se cría en la zona (Fuentes *et al.*, 2010).

Los ejemplares de Fabáceas: *Galactia latisiliqua* Desv. var. *latisiliqua* (Fig. 2.1) y *Rhynchosia edulis* Griseb. (Fig. 2.2) y de Poáceas: *Setaria lachnea* (Nees) Kunth (Fig. 2.3) y *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. (Fig. 2.4) fueron recolectados, herborizados y su determinación corroborada con bibliografía específica (Burkart, 1952; Burkart, 1971; Clayton *et al.*, 1974; Fortunato, 1983; Burkart, 1987; Nicora y Rúgolo de Agrasar, 1987; Wheeler *et al.*, 1992a; Wheeler *et al.*, 1992b; Morrone y Zuloaga, 1995; Cope, 1999; Pensiero, 1999; Negritto *et al.*, 2003; de la Peña y Pensiero, 2004; Pensiero *et al.*, 2005; Clayton *et al.*, 2006; Jung *et al.*, 2008; Díaz, 2009; Zuloaga *et al.*, 2009; PIER, 2010). Dichos ejemplares y sus correspondientes semillas se depositaron, para su documentación, en el herbario ACOR de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba y se catalogaron en la Colección de Semillas – CS (Tabla 2.1).

Tabla 2.1. Números de recolección (CS – ACOR) de los ejemplares de Fabáceas y Poáceas evaluados

Taxón	Número de recolección (CS – ACOR)
<i>Galactia latisiliqua</i> var. <i>latisiliqua</i>	317, 401, 473, 545, 560, 567, 697, 1093
<i>Rhynchosia edulis</i>	315, 443, 450, 470, 535, 541, 554, 597, 622, 638, 665, 924, 925, 1096
<i>Setaria lachnea</i>	519, 523, 525, 526, 528, 529, 677, 683, 686, 715, 1000, 1130, 1131, 1134,
<i>Eragrostis tenuifolia</i>	630, 639, 655, 693, 708, 730, 930

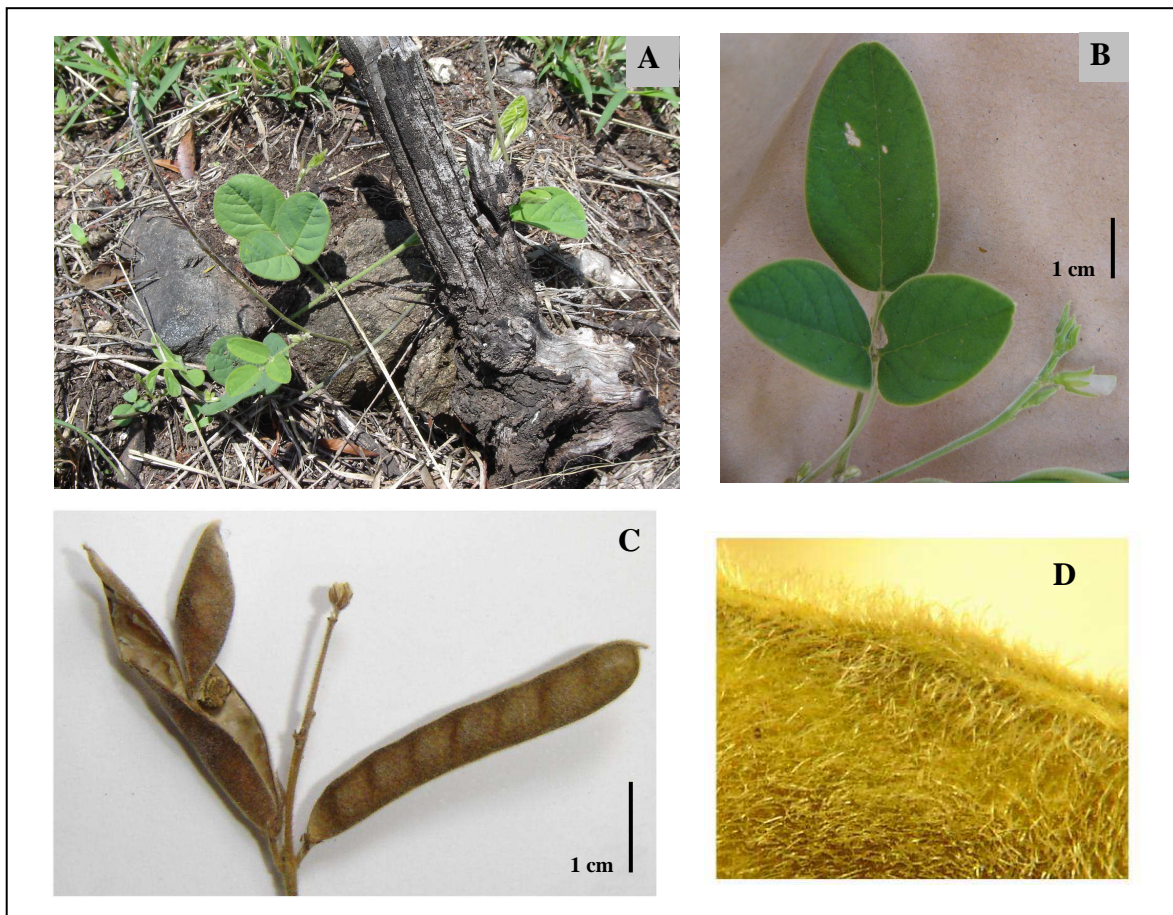


Fig. 2.1. *Galactia latisiliqua* Desv. var. *latisiliqua* (CS 560, ACOR). **A:** Planta; **B:** Detalle de la hoja; **C:** Dehiscencia de frutos; **D:** Detalle de la pubescencia de legumbres



Fig. 2.2. *Rhynchosia edulis* Griseb. (CS 924, ACOR). **A**: Planta en floración sobre árbol de *Acacia* sp.; **B**: Detalle de la hoja; **C**: Dehiscencia del fruto y semillas; **D**: Fruto previo a la dehiscencia; **E**: Detalle de la pubescencia y glándulas de legumbres

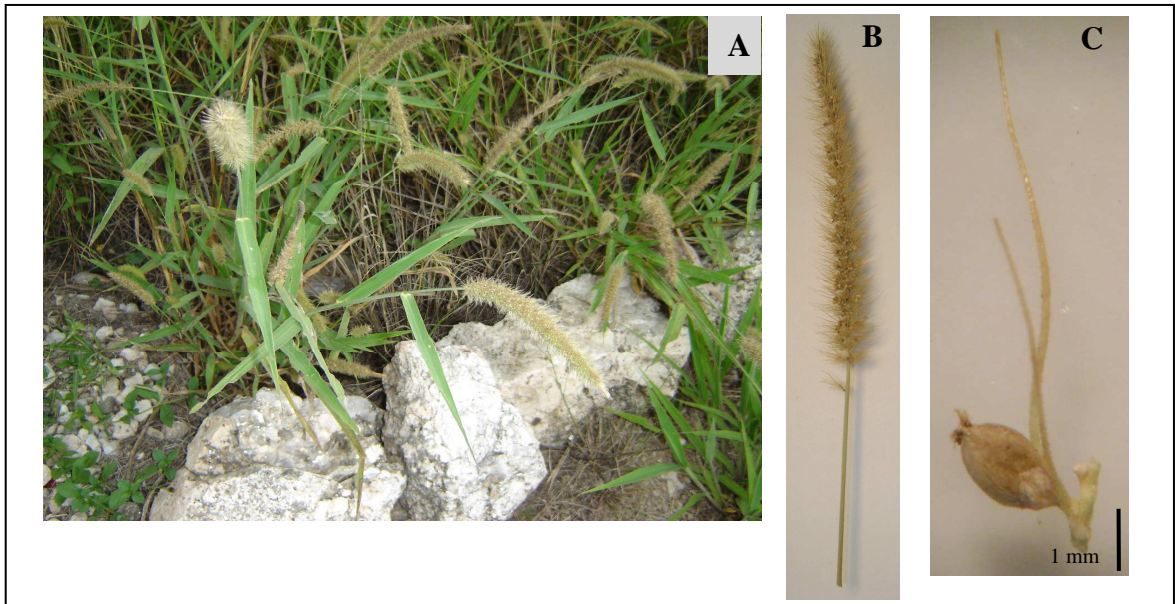


Fig. 2.3. *Setaria lachnea* (Nees) Kunth (CS 1000, ACOR). **A:** Planta completa; **B:** Panoja espiciforme densa; **C:** Espiguilla con setas



Fig. 2.4. *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. (CS 693, ACOR). **A:** Ejemplar consumido por ganado vacuno; **B:** Ejemplar herborizado; **C:** Espiguilla completa; **D:** Espiguilla madura con páleas persistentes

RECOLECCIÓN DE SEMILLAS

La recolección de semillas maduras a partir del banco de semillas aéreo, se realizó al azar durante los meses de noviembre de 2008 a marzo de 2009. De cada especie se conformó un pool de semillas proveniente de la totalidad de individuos presentes en la zona de recolección, procurando una muestra representativa que contemple la variabilidad existente. Particularmente, la recolección de *Setaria lachnea* se realizó durante el mes de febrero del año 2009, teniendo en cuenta los aportes y recomendaciones de Borrajo y Pizzio (2006) para este género, sobre la floración despereja y la conveniencia de realizar la cosecha de semillas hacia fines de febrero.

Con posterioridad a la recolección, las semillas fueron preservadas en bolsas de papel, a temperatura ambiente, en oscuridad y lugar seco, hasta el momento de su utilización.

CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE RECOLECCIÓN DEL MATERIAL

En el Departamento Santa María de la provincia de Córdoba (Fig. 2.5), ubicada en el centro de Argentina, se encuentra la Estancia Las Higuierillas (31° 28' -31' S, 64° 26' -31' O), próxima a Falda del Carmen en las Sierras Chicas, que abarca unas 3.000 ha que fueron afectadas por diversos incendios habiéndose registrado el último en el año 2005.

Esta zona posee un relieve de sierras bajas, entre los 500 y los 900 msnm (Fig. 2.6) y suelos con escaso desarrollo, textura arenosa franca, más profundos en los vallecitos, con un 80 % de su superficie ocupada por roca aflorante. El clima es de dominio semi-húmedo en verano (28-36 °C) y semiseco en invierno (8-14 °C) con frecuentes heladas (-2 °C a -6 °C). La precipitación anual varía entre 700-900 mm, decrece hacia el oeste y crece en altitud. Los vientos del NE y E predominan de agosto a marzo y los del O en invierno. Fitogeográficamente está comprendida en el Distrito Chaqueño Serrano y corresponde predominantemente a un Bosque Serrano abierto, secundario y degradado por antiguos incendios y sobrepastoreo (Fig. 2.7), con resiembras aéreas de *Eragrostis curvula*. La actividad antrópica predominante es la ganadería de cría, seguida por actividades agrícolas y explotación de canteras (Atala *et al.*, 2005).

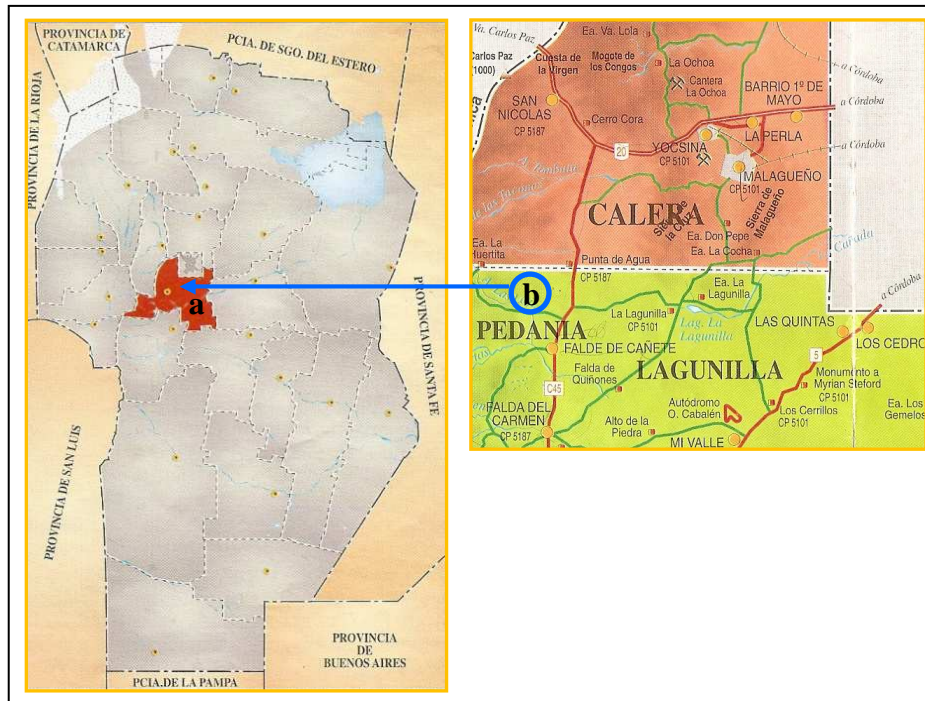


Fig. 2.5. Ubicación de la zona de recolección del material.
a: Departamento Santa María, Córdoba-Argentina (resaltado en color ladrillo); **b:** Estancia Las Higuierillas (indicado con un círculo azul)

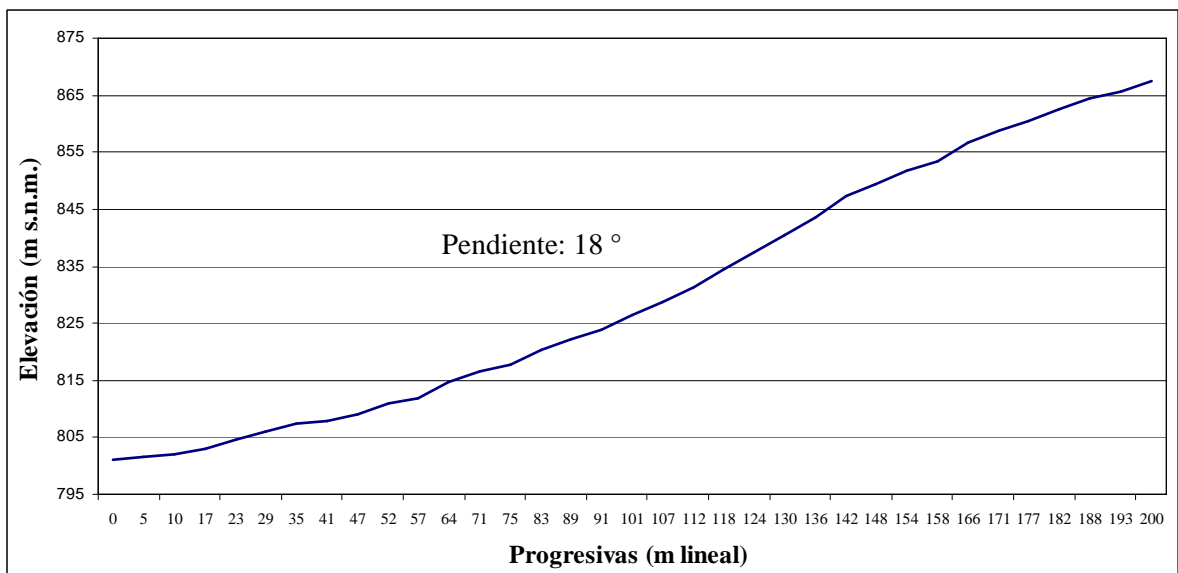


Fig. 2.6. Perfil de ladera quemada. Estancia Las Higuierillas, Sierras Chicas, Departamento Santa María, Córdoba-Argentina



Fig. 2.7. Estancia Las Higuerrillas, Sierras Chicas, Departamento Santa María, Córdoba-Argentina. **A-B**: Zonas no quemadas; **C-D**: Zonas quemadas

En las laderas de las sierras ubicadas en esta zona, se realizaron evaluaciones florísticas a partir de marzo de 2008. El 32 % de las especies censadas (Fuentes *et al.*, 2010) están citadas como forrajeras y en su mayoría son plantas herbáceas perennes de ciclo estival, o arbustivas y arbóreas con buen desarrollo de follaje y de frutos durante la primavera, verano y algo en otoño. Las Poáceas están representadas por 35 especies, y las Fabáceas por 18 (Anexo 1).

CARACTERIZACIÓN EXOMORFOLÓGICA DE LAS SEMILLAS

Dado que las especies seleccionadas no son cultivadas ni de amplio conocimiento, se procedió a la descripción exomorfológica de las semillas.

Para la descripción de las semillas se tomaron 50 unidades al azar, provenientes de distintos individuos de cada especie. Se realizaron observaciones con un microscopio estereoscópico Carl Zeiss Stemi DV4 con cámara fotográfica incorporada, y se consultó bibliografía específica (Burkart, 1971; Clayton *et al.*, 1974; Polhill y Raven, 1981; Fortunato, 1983; Burkart, 1987; Wheeler *et al.*, 1992b; Morrone y Zuloaga, 1995; Cope, 1999; Pensiero, 1999; Kirkbride *et al.*, 2003; Negritto *et al.*, 2003; Jung *et al.*, 2008; PIER, 2010).

Para la determinación de los colores de las semillas se utilizó la carta de colores de Munsell (Munsell, 2000).

Para obtener el peso de mil semillas (PMS) se siguió el procedimiento descrito por Pensiero *et al.* (2005). Se pesaron 5 muestras de 100 semillas para cada una de las especies evaluadas, con una balanza de precisión. Se calculó el promedio de peso para cada taxón y ese resultado se usó para referir el peso a mil semillas.

AJUSTE DE LA TÉCNICA DE GERMINACIÓN PARA CADA ESPECIE

Las especies seleccionadas carecen de ensayos estandarizados para germinación por las Reglas de la Asociación Internacional de Análisis de Semillas (*International Seed Testing Association* – ISTA). Teniendo en cuenta los reportes de las Reglas ISTA (2010) sobre latencia en semillas de diversas especies de las familias Fabáceas y Poáceas vinculadas taxonómicamente a las evaluadas (Tabla 2.2), se realizaron diferentes tratamientos de ruptura de dormición, remoción de tegumentos duros y/o eliminación de inhibidores, con la finalidad de conocer el comportamiento de las semillas antes de ser expuestas al choque térmico.

Tabla 2.2. Especificaciones para ensayos de germinación estándar, ISTA (2010), para especies taxonómicamente cercanas a *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia*

Especies	Prescripciones para		Primer recuento (días)	Recuento final (días)	Recomendaciones para romper dormición
	Sustrato	Temperatura (°C)			
<i>Centrosema pubescens</i>	Sobre papel	20-35	4	10	-
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Sobre papel	25	4	10	H ₂ SO ₄
<i>Neonotonia wightii</i>	Sobre papel	20-30; 10-35	4	10	-
<i>Eragrostis curvula</i>	Sobre papel	20-35; 15-30	6	10	Preenfriado; KNO ₃
<i>Eragrostis tef</i>	Sobre papel	20-30	4	10	Preenfriado; KNO ₃
<i>Setaria italica</i>	Sobre papel; entre papel	20-30	4	10	-
<i>Setaria sphacelata</i>	Sobre papel	20-35	7	21	KNO ₃

En cuanto a la temperatura de germinación y su relación con la dormición, Cabrera (2002) observó en *Setaria lachnea* que la germinación disminuye a medida que se aumenta el gradiente altitudinal, sugiriendo que los niveles de dormición de las semillas se incrementan a medida que aumenta el gradiente altitudinal. A bajas altitudes (81 m.s.m.) los valores más altos de germinación ocurren a temperaturas constantes de 20 °C, mientras que para altitudes medias (795 m.s.m.) y altas (2.250 m.s.m.) la alternancia de temperatura (17-25 °C) permite aumentar la germinación de semillas, posiblemente actuando a favor de los mecanismos que minimizan la dormición de las mismas (Cabrera, 2002). Dado que la zona de estudio se encuentra dentro de altitudes medias, se consideró adecuado la utilización de alternancia de temperatura que, además de ser lo óptimo por el citado autor, es concordante con lo que ocurre en el ambiente serrano considerando las variaciones térmicas del día y la noche.

Para las semillas de Fabáceas los tratamientos evaluados fueron:

Lijado: consistió en una escarificación mecánica mediante un cuidadoso lijado del tegumento de las semillas (papel de lija N° 600). El tratamiento de lijado se realizó en los costados de los cotiledones, para evitar daños al embrión y por consiguiente a la plántula resultante.

Pinchado: se realizó una punción del tegumento de la semilla, como otro método de escarificación mecánica. El mismo se realizó en un extremo de los cotiledones, distal al eje hipocótilo radicular.

Escarificación ácida: las semillas fueron sumergidas en ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado, hasta que el tegumento quedó perforado superficialmente. La digestión se realizó en 10 minutos, con observaciones continuas por minuto. Luego de la digestión las semillas fueron lavadas cuidadosamente bajo agua corriente.

Se realizaron, además, ensayos germinativos con *semillas chuzas*, entendiéndose por tales aquellas semillas más pequeñas que las normales, arrugadas y de maduración incompleta a causa de sequías o enfermedades de la planta, y con *semillas infestadas* por “Brúquidos” (Coleoptera: Bruchidae), insectos que dañan a las semillas con su aparato bucal masticador, tal como se muestra en la Fig. 2.8.

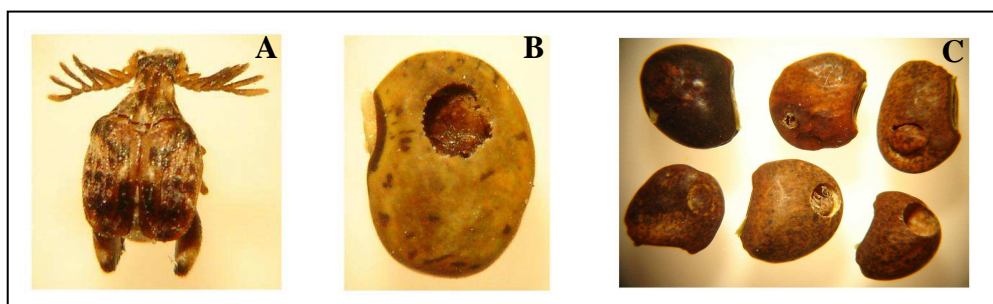


Fig. 2.8. Semillas de Fabáceas infestadas por “Brúquidos” (Coleoptera: Bruchidae). **A**: Insecto “Brúquido”; **B**: Semilla infestada de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*; **C**: Semillas infestadas de *Rhynchosia edulis*

Para las semillas de Poáceas los tratamientos evaluados fueron:

Nitrato de potasio (KNO₃): se utilizó una solución 0,2 % de KNO₃, preparada mediante dilución de 2 g de KNO₃ en un litro de agua, para humedecer el substrato de germinación al inicio del análisis.

Preenfriado: las semillas se dispusieron sobre papel humedecido con agua, en bandejas de plástico cubiertas por una bolsa de polietileno, y se mantuvieron a una baja temperatura de entre 5 y 10 °C, por un periodo de 7 días, antes de ser llevadas a la temperatura de germinación.

Se añadió, en el caso de *Setaria lachnea*, un tratamiento con remoción de glumelas (lemma y pálea) dado que está indicado en la bibliografía como método para favorecer la germinación de cariopsis de especies del género *Setaria* (Schrauf *et al.*, 1998; Exner *et al.*, 2005). Los ensayos germinativos de esta especie se realizaron con cariopsis almacenados nueve meses luego de ser cosechados, en acuerdo a lo manifestado por Norris y Schoner (1980) para *Setaria viridis* (L.) P. Beauv., cuya germinación variaba según la procedencia y aumentaba notoriamente entre los 4 a 16 meses de su cosecha.

Además, todos los tratamientos fueron contrastados con un tratamiento *testigo* (prueba de germinación con semillas sin tratamiento previo).

De cada una de las especies seleccionadas y para cada tratamiento, se hicieron cuatro repeticiones con 20 semillas, sembradas en bandejas de plástico, sobre papel tipo toalla absorbente, humedecido con agua corriente a excepción del tratamiento con KNO₃ en el cual sólo se utilizó dicha solución. Las bandejas se cubrieron con bolsas de polietileno para evitar la desecación y se colocaron en cámaras de germinación con alternancia de 20 - 30 °C, 16 horas de oscuridad y 8 horas de luz, durante 21 días.

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 (Casal *et al.*, 2001; Cabrera, 2002; Madueño-Molina *et al.*, 2006; Toniutti y Fornasero, 2008).

Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas germinadas (G) y se calcularon como el número de semillas germinadas (SG) dividido el número total de semillas sometidas al ensayo de germinación (N), multiplicado por cien.

$$G (\%) = \frac{SG}{N} \times 100$$

ENSAYOS DE CHOQUE TÉRMICO

Se trabajó con semillas enteras, teniendo en cuenta las definiciones de semilla pura que establece ISTA (2010) para especies taxonómicamente cercanas a las evaluadas (Tabla 2.3).

Tabla 2.3. Definiciones de semilla pura, ISTA (2010), para especies taxonómicamente cercanas a *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia*

Género	Familia	Definición de Semilla Pura
<i>Centrosema</i> <i>Macroptilium</i> <i>Neonotonia</i>	Fabáceas	Semilla con al menos una porción de testa. Fragmento de semilla de tamaño mayor que la mitad de su tamaño original, con al menos una porción de testa. Semillas y fragmentos de semillas sin testa son consideradas materia inerte. Nota: para esta familia, los cotiledones separados son considerados materia inerte, independientemente de si contienen o no el eje plúmula–radícula y/o conservan más de la mitad de la testa unida.
<i>Eragrostis</i>	Poáceas	Flor, con lemma y pálea conteniendo una cariopsis, con o sin aristas. Cariopsis. Fragmento de cariopsis de tamaño mayor que la mitad de su tamaño original.
<i>Setaria</i>	Poáceas	Espiguilla, con glumas, lemma y pálea conteniendo una cariopsis, con lemma estéril unida. Flor con lemma y pálea conteniendo una cariopsis. Cariopsis. Fragmento de cariopsis de tamaño mayor que la mitad de su tamaño original.

Con la finalidad de simular las condiciones a campo, las semillas no recibieron pretratamiento y las cariopsis de *Setaria lachnea* no fueron separados de glumas y glumelas.

De cada especie, se tomaron al azar 100 semillas para cada tratamiento, distribuidas en 4 repeticiones de 25 semillas y se expusieron a choque térmico en estufa eléctrica, a tres temperaturas, 60, 90 y 120 °C, y dos tiempos de aplicación, 5 y 10 minutos (Tabla 2.4), seleccionados en función de los estudios realizados previamente por otros autores (Herranz *et al.*, 1998; Shaukat y Burhan, 2000; Hanley *et al.*, 2001; Williams *et al.*, 2003; Madueño-Molina *et al.*, 2006; Paula y Pausas, 2008; Bolin, 2009). Las semillas se dispusieron en cajas de Petri de vidrio de 9 cm de diámetro, distantes de los bordes y asegurando uniformidad en su distribución.

Tabla 2.4. Temperaturas y tiempos de exposición de semillas a choques térmicos aplicados en cada tratamiento

Tratamiento (T)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	60	5
2	60	10
3	90	5
4	90	10
5	120	5
6	120	10
7	-	-

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CHOQUES TÉRMICOS EN LA GERMINACIÓN

Con las semillas de cada especie que recibieron tratamiento térmico más 100 semillas sin tratamiento (T 7 = testigo), se realizaron los ensayos de germinación.

Las semillas de cada especie, separadas por cada tratamiento y repetición, se dispusieron en bandejas de plástico para germinación, sobre papel absorbente humedecido con agua corriente y cubiertas por bolsas de polietileno. Las mismas se mantuvieron en cámara de germinación (Fig. 2.9) 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 cercanas a las evaluadas (Tabla 2.2), es decir, pertenecientes a la misma tribu, subtribu o género, sin la aplicación de tratamiento de ruptura de dormición.

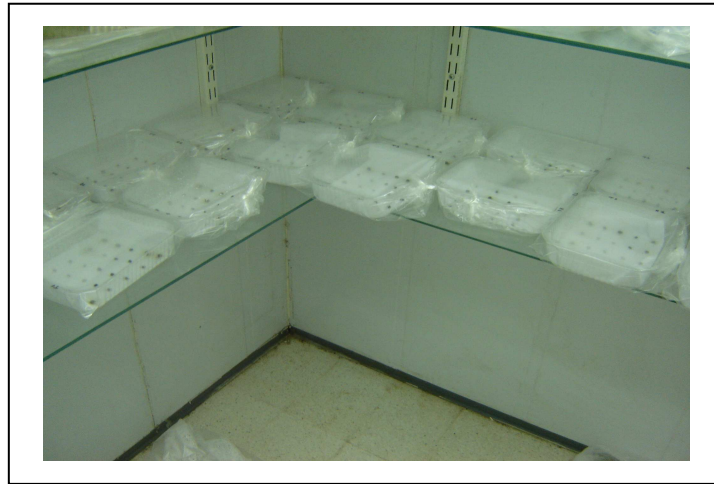


Fig. 2.9. Bandejas dispuestas en cámara de germinación

El sustrato utilizado como medio de crecimiento consistió en toallas de papel absorbente (papel Valot, toalla supreme, doble hoja, blanco Premium, 3218111) provisto de poros que aseguran la retención del aire y del agua, sirve de anclaje para el sistema radicular, y asegura el contacto con el agua necesaria para el crecimiento de la plántula. Las radículas crecen sobre y no entre el papel, brindando este último suficiente fuerza para resistir el rasgado cuando se manipula durante el ensayo.

Se aplicó agua corriente, libre de impurezas orgánicas e inorgánicas y con pH 6,0-7,5.

Las bandejas de todos los tratamientos y especies, fueron examinadas diariamente hasta el día 15 a partir de la siembra. Para esta determinación se tuvo en cuenta el número de días indicado para recuento final en ISTA (2010) para las especies indicadas en la Tabla 2.2 y, considerando que los resultados de los ensayos de ajuste de la técnica de germinación no mostraron variaciones significativas después del día 15, se uniformizó en 15 días la duración del ensayo de germinación.

Se evaluó la germinación fisiológica *sensu stricto*, según criterio antes descrito (pág. 32).

Dado que las cariopsis de *Setaria lachnea* se encuentran naturalmente cubiertas por sus glumelas, es frecuente hallar espiguillas sin fruto al final del ensayo de germinación, afectando los resultados. Como la producción de cariopsis, o fecundidad, está determinada como el porcentaje de espiguillas que producen fruto (Peralta, 2002; Pensiero *et al.*, 2005), una vez finalizado el ensayo de germinación, se procedió a la remoción de glumelas en cada espiguilla no germinada comprobando la presencia o no de cariopsis. Por esta razón, los porcentajes de germinación obtenidos en los distintos ensayos se calcularon en función del porcentaje de espiguillas que tenían fruto (de fecundidad o producción de cariopsis).

Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas germinadas (G) y se calcularon como el número de semillas germinadas (SG) dividido el número total de semillas sometidas al ensayo de germinación (N), multiplicado por cien.

$$G (\%) = \frac{SG}{N} \times 100$$

Las semillas no germinadas hacia el final del período del ensayo, se clasificaron en distintas categorías siguiendo los criterios establecidos en ISTA (2010). Se consideraron:

Semillas duras: semillas que no absorben agua y permanecen duras al final del ensayo.

Semillas frescas: semillas que absorben agua pero el proceso de germinación no ocurre. Son semillas que no germinan con las condiciones del ensayo de germinación pero que permanecen limpias y firmes, y tienen la capacidad de desarrollar una plántula normal.

Semillas muertas: semillas que al final del ensayo no resultan duras ni frescas, ni han producido parte alguna de la plántula. Usualmente son blandas, descoloridas y no muestran signos de desarrollo de plántulas.

Otras categorías, incluyó:

Semillas vacías: semillas completamente vacías o que contienen sólo algún tejido residual.

Semilla sin embrión: semilla que contienen endosperma fresco en el cual no hay aparentemente cavidad embrionaria ni embrión.

Semillas dañadas por insectos: semillas que contienen larvas de insectos, o muestran otras evidencias de ataque de insectos que afectan la capacidad para germinar.

DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD POR TETRAZOLIO DE LAS SEMILLAS NO GERMINADAS

Para determinar la viabilidad de las semillas duras y frescas que no germinaron al final del ensayo de germinación, realizado con posterioridad al choque térmico, se aplicó el *test* de tetrazolio. Prueba bioquímica que puede ser usada para hacer una rápida estimación de la viabilidad de las semillas. Consiste en una solución incolora de cloruro o bromuro de 2,3,5-trifenil tetrazolio que se utiliza como indicador para detectar los procesos de reducción que tienen lugar en las células vivas. Este indicador, embebido por la semilla, interactúa con los procesos de reducción de las células tomando el hidrógeno liberado por las deshidrogenasas, se forma así una sustancia roja, estable y no difusible (trifenil formazan) que permite distinguir las partes vivas de las semillas coloreadas de rojo.

Para cada especie se tuvieron en cuenta las normativas sobre la preparación, tratamiento y evaluación de esta prueba, aprobados en las Reglas ISTA (2010), para las especies taxonómicamente cercanas a las evaluadas en el presente trabajo (Tabla 2.5).

Previo al proceso de tinción, las semillas fueron humedecidas con agua corriente para tornarlas menos frágiles al cortado o perforado que cuando secas y para lograr una distribución más pareja del color facilitando la evaluación. En las semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis* se practicó una punción en la zona distal del embrión utilizando una aguja y a continuación se las colocó en recipientes de vidrio con agua a 20 °C, durante 4 horas. En *Setaria lachnea* se removieron las glumelas y se humedecieron las semillas antes del teñido, colocándolas en bandejas plásticas, entre papel

absorbente humedecido con agua corriente, en cámara de germinación a 20 °C durante 5 horas. De esta manera, el agua pudo ser absorbida por la semilla asegurándose que las glumelas no limitaran dicho proceso. En *Eragrostis tenuifolia*, para cerciorar la completa imbibición, las semillas fueron colocadas en recipientes de vidrio donde se mantuvieron inmersas en agua a 20 °C, durante 18 horas.

Luego de descartar el agua, en *S. lachnea* y *E. tenuifolia* se realizó un corte transversal en las semillas cerca del embrión, empleando bisturí u hoja de afeitar, para facilitar la penetración de la solución de tetrazolio y su posterior evaluación.

Las semillas previamente humedecidas y sin agua, fueron sumergidas completamente en una solución de tetrazolio al 1 %, en tubos de ensayo cubiertos en su extremo con aluminio para evitar la evaporación. Se protegió de la exposición directa a la luz para evitar la reducción de la sal de tetrazolio. Los tubos se colocaron en estufa eléctrica a 30 °C durante 18 horas, a excepción de *Setaria* que permaneció 16 horas, respetando lo indicado por ISTA (2010) para ese género.

Finalizado el periodo de tinción, se descartó la solución, se enjuagaron las semillas con agua y se evaluaron teniendo en cuenta las prescripciones de ISTA (2003, Anexo 2) en las hojas de trabajo para la prueba de tetrazolio.

En *Galactia* y *Rhynchosia* se eliminaron las cubiertas seminales exponiendo el embrión. Las semillas se mantuvieron húmedas hasta terminar de evaluarlas.

En *Setaria lachnea* se realizó un corte longitudinal a lo largo del embrión y se observó la superficie cortada.

En *Eragrostis tenuifolia* la evaluación se realizó mediante la visualización externa de las semillas, sólo se realizaron cortes longitudinales del embrión en algunos casos dudosos, para corroborar patrones de tinción.

Las semillas fueron clasificadas como viables o no viables teniendo en cuenta los patrones de tinción y firmeza de los tejidos. Para estas observaciones se empleó un microscopio estereoscópico Zeiss Stemi DV4 con luz incorporada.

Se consideraron semillas viables (SV) a aquellas que se tiñeron completamente o, si lo hicieron parcialmente, los patrones de tinción indicaron que sus estructuras esenciales estaban viables, reconociéndose como tales a los meristemas y todas las estructuras reconocidas por ISTA (2003) para cada especie en las hojas de trabajo para la prueba de tetrazolio (Anexo 2).

Las semillas no viables son las que presentaron estructuras esenciales para el desarrollo de las plántulas, con coloración diferente a las viables (Anexo 2) y/o flácidas.

Además de las semillas viables completamente coloreadas y de aquellas muertas sin colorear, se consideraron las semillas parcialmente coloreadas. Dependiendo de las especies, se pueden aceptar pequeñas áreas sin teñir en algunas partes de las estructuras esenciales, considerando que las semillas bien desarrolladas y diferenciadas pueden tener la capacidad de reparar sus pequeñas necrosis. La localización y el tamaño de las superficies necróticas, y no necesariamente la intensidad de la coloración, determinan si tales semillas deben clasificarse como viables o no viables.

Para una mejor evaluación de 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 Fabáceas y Poáceas (Craviotto y Arango, 2007). Estas tablas unifican las especificaciones de ISTA (2003) y AOSA (2000) y otorgan una identificación visual de los daños registrados, en planillas de trabajo útiles en la rutina de laboratorio. En ellas se establecen tres categorías: 1) semillas viables sin defectos, 2) semillas viables con defectos moderados y 3) semillas no viables (Anexo 3).

Los resultados se expresaron en porcentaje de semillas viables (V) y se calcularon como el número de semillas viables (SV) dividido el número total de semillas sometidas al ensayo de tetrazolio (N), multiplicado por cien.

$$V (\%) = \frac{SV}{N} \times 100$$

ANÁLISIS INTEGRADO DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE GERMINACIÓN Y DE VIABILIDAD POR TETRAZOLIO, POSTERIORES AL CHOQUE TÉRMICO

Para cada especie estudiada se realizó un análisis integrado de los resultados obtenidos tras la aplicación del choque térmico y considerando la viabilidad observada en los diferentes tratamientos, incorporándose además, las semillas no germinadas que no fueron sometidas a la prueba de tetrazolio debido a su condición de semillas muertas. Para ello, se utilizaron los porcentajes de germinación y semillas muertas resultantes del ensayo de germinación, y los de semillas viables y no viables resultantes del ensayo de viabilidad por tetrazolio.

El número total de semillas viables (SVT) se calculó mediante la suma del porcentaje de semillas germinadas (G), resultantes del ensayo de germinación, y del porcentaje de semillas viables (V), obtenidas en la prueba de tetrazolio.

$$\text{SVT (\%)} = \text{G (\%)} + \text{V (\%)}$$

Para obtener el número total de semillas no viables (SNVT) se realizó la adición de los porcentajes de semillas muertas (SM), resultantes del ensayo de germinación, y de las no viables (SNV), obtenidas en la prueba de tetrazolio.

$$\text{SNVT (\%)} = \text{SM (\%)} + \text{SNV (\%)}$$

Tabla 2.5. Especificaciones para el preparado, tratamiento y evaluación de la prueba de tetrazolio, ISTA (2010), de semillas de especies taxonómicamente cercanas a *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia*

Especies	Preacondicionamiento a 20 °C	Preparación previa	Tinción a 30 °C		Preparación para la tinción y tejidos a ser observados	Evaluación. Máxima área sin teñir, flácida o tejido necrótico permitido	Observaciones
	Tipo y tiempo mínimo (h)		Solución (%)	Tiempo óptimo (h)			
<i>Lotus</i> spp. <i>Medicago</i> spp. <i>Trifolium</i> spp.	Agua* 18 h	Dejar semillas intactas*	1,0	18	Remover cubierta seminal para exponer el embrión	1/3 de la radícula, 1/3 de la parte distal de los cotiledones, 1/2 si es superficial	*Si se determinara viabilidad en semillas duras, puede realizarse una punción en la parte distal de los cotiledones y humedecer (agua, 4 h)
<i>Eragrostis</i> spp.	Entre papel* a ≤ 7 °C 18 h	Corte transversal cerca del embrión	1,0	18	Observar la superficie externa del embrión	1/3 de la radícula	*Temperaturas ≤ a 7 °C es necesaria para evitar germinación
<i>Setaria</i> spp.	Remover lemma y pálea antes de humedecer. Agua* a 7 °C 5 h	Corte transversal cerca del embrión	1,0	16	Observar el embrión externamente, corte longitudinal a través del embrión, corte de superficie	1/3 de la radícula medido desde el extremo radicular, 1/4 de la parte distal del escutelo	*Temperatura de 7 °C es necesaria para reducir la brotación en el prehumedecimiento

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se siguió un diseño completamente aleatorizado. Los resultados se validaron estadísticamente mediante un análisis de la varianza (ANAVA), usando el sistema estadístico INFOSTAT (2009). La prueba de comparación utilizada fue la de Fisher (LSD). Para facilitar la interpretación de los resultados se construyeron gráficos y tablas, empleando el sistema estadístico antes mencionado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CARACTERIZACIÓN EXOMORFOLÓGICA DE LAS SEMILLAS

Galactia latisiliqua var. *latisiliqua*

Las semillas se observaron ovoides, compresas, de 3-4 mm de largo por 2-3 mm de ancho; libres de las paredes del fruto (Fig. 3.1 A). Generalmente moteadas en una proporción mayor al 50 %, castañas con manchas color gris oscuro, gris rosáceo, marrón claro y negro (Fig. 3.1 B). Lóbulo radicular poco notable. Hilo elíptico, lateral y algo corrido hacia el lóbulo radicular, con un halo oscuro. Micrópilo incluido en el hilo y arilo conspicuo, seco, blanquecino, bilabiado, más prominente hacia el extremo micropilar. Lente linear con márgenes más oscuros que el resto del tegumento y confluyente con el hilo (Fig. 3.1 C). Estos caracteres concuerdan con las descripciones realizadas por Kirkbride *et al.* (2003), los cuales admiten un rango más amplio en el tamaño de las semillas para el género *Galactia* que es de 3,5-7,8 por 2,6-4,5 por 1,7-3,7 mm, en tanto Burkart (1971) establece medidas de 4-5 mm de longitud para las semillas de esta especie. Por otro lado, Polhill y Raven (1981) mencionan semillas sin arilo conspicuo para los géneros de la subtribu Diocleinas, mientras que Beyra *et al.* (2005) hacen referencia a un reborde funicular conspicuo en el hilo.

El peso de mil semillas (PMS) fue de 14,4688 g, lo cual resultó superior a 9,9333 g citado por Williams *et al.* (2003) para semillas de *Galactia tenuiflora* (Klein ex Willd.) Wight & Arn. en el nor-este de Australia.

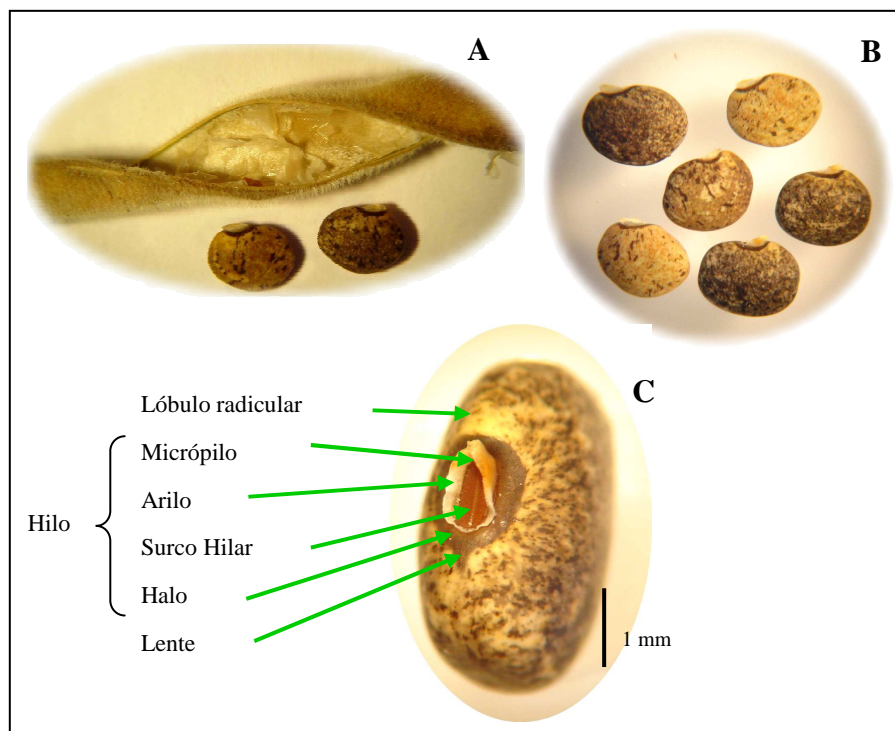


Fig. 3.1. Semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*. **A:** Valva de legumbre con falsos tabiques celulósicos, liberando semillas; **B:** Vista lateral de semillas moteadas con diferentes colores; **C:** Morfología externa en vista hilar

Rhynchosia edulis

Las semillas se observaron subreniformes, de 4-5 mm de largo por 3-5 mm de ancho; libres de las paredes del fruto (Fig. 3.2 A). Moteadas con coloración gris oscuro, gris rosáceo, marrón claro y negro (Fig. 3.2 B). Lóbulo radicular no muy visible. Hilo elíptico, transversal en el fruto, de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$ la longitud de la semilla. Arilo bilabiado, verdoso o negro, prolongado en forma de capucha hacia la lente dejando ver el surco hilar, coincidiendo con el criterio expresado por Kirkbride *et al.* (2003) para el género. Polhill y Raven (1981), Fortunato (1983) y Burkart (1987), observaron dichas estructuras denominándolas funículo prolongado en dos rebordes cartilagosos sobre el margen del hilo. Lente confluyente con el hilo, con dos elevaciones separadas por un surco; micrópilo deltoide y adnato al hilo (Fig. 3.2 C-D). En esta especie no se observaron coloraciones diferentes del halo y lente respecto de la testa, caracteres que Kirkbride *et al.* (2003) describen para el género *Rhynchosia*.

El peso de mil semillas (PMS) fue de 26,805 g, resultando superior a 15,98 g hallado por Shaukat y Burhan (2000) como PMS promedio de tres poblaciones de *Rhynchosia minima* en Pakistán, y a 19 g citado por Morris (2008) en 20 accesiones de *R. minima* pertenecientes a un banco de germoplasma de Griffin, Estados Unidos. El pequeño tamaño de las semillas de esta especie es uno de los aspectos relacionados con el sufijo ‘*minim*’ del cual deriva el nombre de esta especie (Morris, 2008).

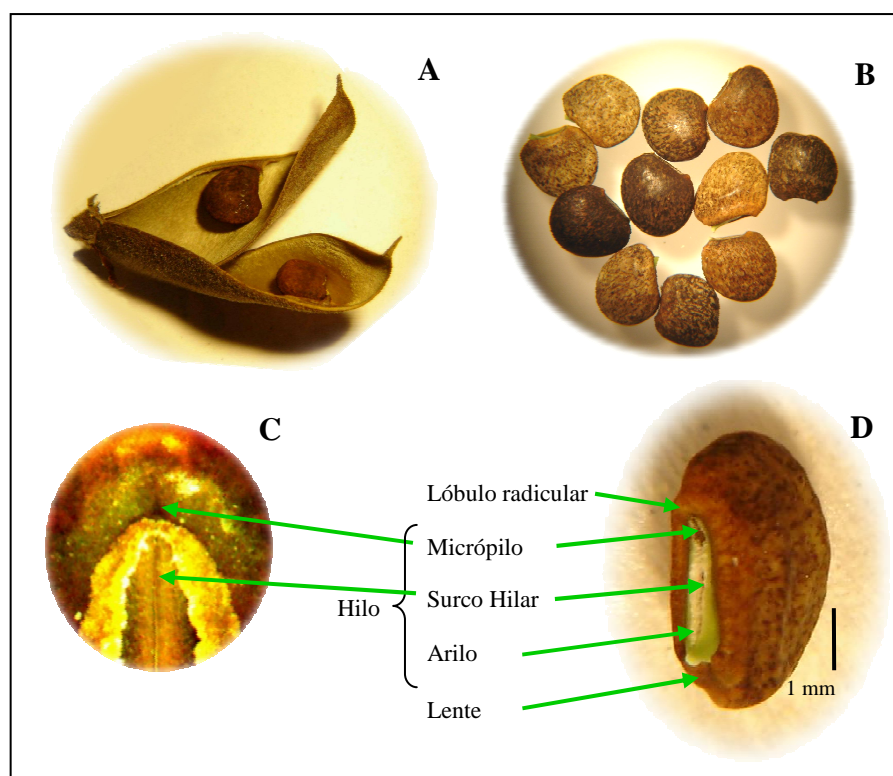


Fig. 3.2. Semillas de *Rhynchosia edulis*. **A**: Legumbre con semillas; **B**: Vista lateral de semillas moteadas con diferentes colores; **C-D**: Morfología externa en vista hilar

Setaria lachnea

Las cariopsis se observaron como espiguilla completa (Fig. 3.3 A) o sólo acompañadas por las glumelas, lemma y pálea fértil (Fig. 3.3 B). Lemma lisa o ligeramente rugosa, con surcos inconspicuos, lustrosa, apiculada y de 1,5-2 mm de largo por 1-1,2 mm de ancho. Frutos elipsoides, pajizos u oliváceos, de 1,1-1,3 mm de largo por 0,7-1 mm de

ancho. Embrión con el escudete mayor que la mitad del largo del fruto e hilo punctiforme (Fig. 3.3 C-E). Estos caracteres concuerdan con lo citado por Morrone y Zuloaga (1995), Pensiero (1999) y Clayton *et al.* (2006).

El peso de mil semillas (PMS) fue de 1,0444 g, muy cercano a los valores obtenidos por Borrajo y Pizzio (2006), quienes determinaron un PMS de 1 g para especies del género *Setaria*, y con Borrajo (2006) el cual estableció el mismo PMS para semillas de *Setaria sphacelata* (Schumach.) Stapf & C.E. Hubb. ex M.B. Moss, no así con el PMS = 0,615 g obtenido por Pensiero *et al.* (2005). En todos los casos, el PMS corresponde a las cariopsis pesadas con sus respectivas envolturas.

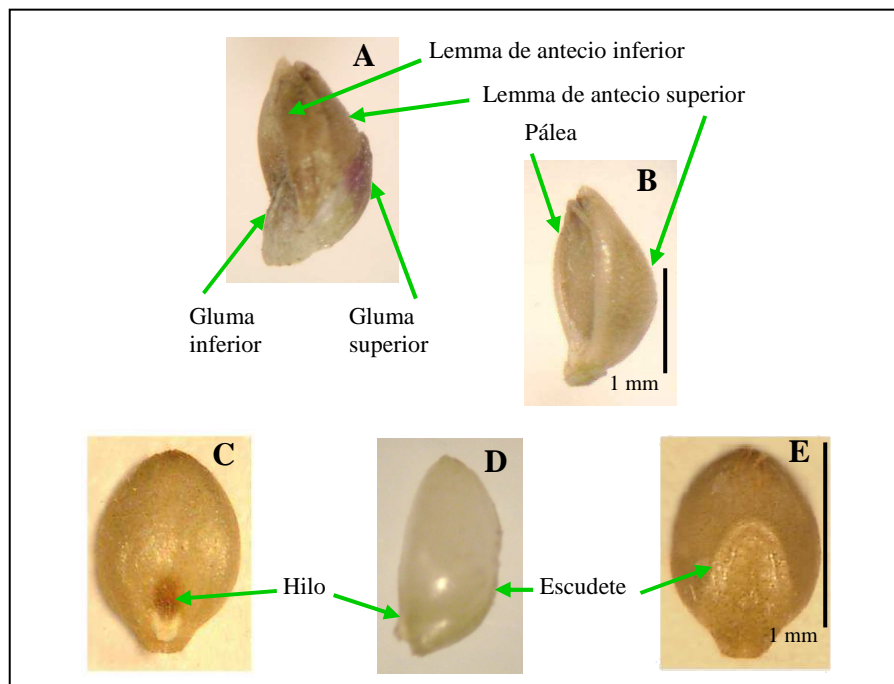


Fig. 3.3. *Setaria lachnea*. **A**: Espiguilla, vista lateral; **B**: Antecio fértil; **C**: Cariopsis, vista hilar; **D**: Cariopsis, vista lateral; **E**: Cariopsis, vista escutelar

Eragrostis tenuifolia

Las cariopsis se observaron libres de glumas (Fig. 3.4 A) y de glumelas (Fig. 3.4 B). De color castaño-claros, de 0,75-1,1 mm de largo por 0,5-0,6 mm de ancho, oblongos,

a veces planos, por compresión lateral, rectangulares en sección transversal, superficie más o menos reticulada con pequeñísimas depresiones irregulares, truncados (a veces obtusos) en el ápice y la base. Embrión algo prominente, ocupando la mitad o un poco más de la longitud de la cariopsis (Fig. 3.4 C-D). Hilo punctiforme. Granos de superficie gelatinosa, de alguna manera adhesivos. Lo descrito coincide con lo mencionado por otros autores (Clayton *et al.*, 1974; Cope, 1999; Negritto *et al.*, 2003; Jung *et al.*, 2008; PIER, 2010).

El peso de mil semillas (PMS) fue de 0,2248 g. Dicho valor es superior a 0,163 g citado por Odgers y Rogers (1993) para cariopsis de esta especie en Brisbane, Australia.

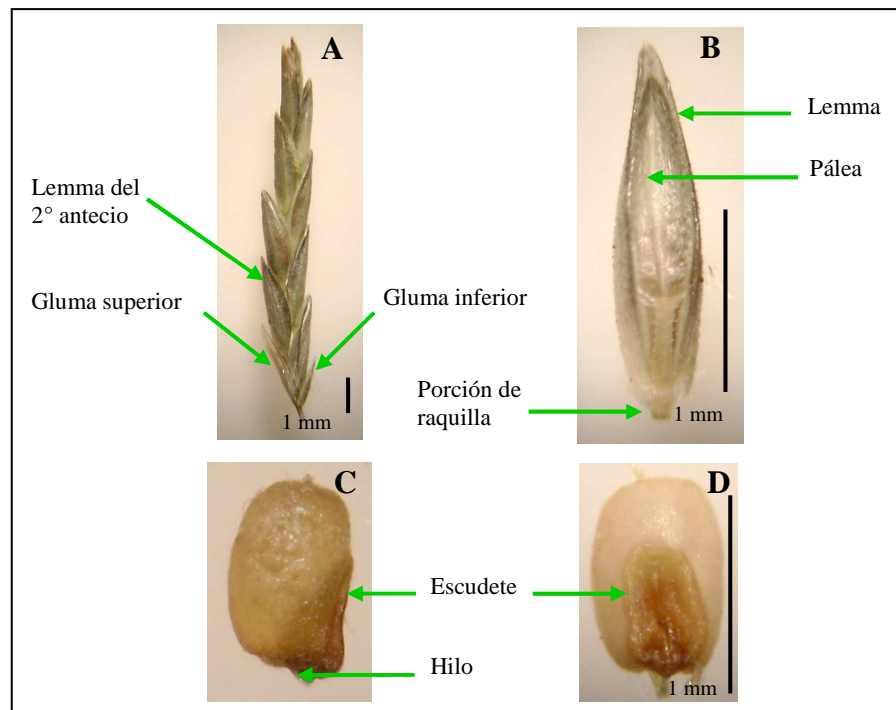


Fig. 3.4. *Eragrostis tenuifolia*. **A**: Espiguilla; **B**: Antecio fértil; **C**: Cariopsis, vista lateral; **D**: Cariopsis, vista escutelar

AJUSTE DE LA TÉCNICA DE GERMINACIÓN

ESPECIES DE FABÁCEAS

Galactia latisiliqua var. *latisiliqua*

Los resultados mostraron gran variabilidad en el porcentaje de germinación entre los diferentes tratamientos (Fig. 3.5), desde germinación nula en el ensayo con semillas infestadas por “Brúquidos” (Coleoptera: Bruchidae), hasta el 100 % de germinación en los tratamientos de escarificación mecánica, ya sea mediante lijado o pinchado, no habiéndose encontrado diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre estos dos tratamientos (Fig. 3.6). Cruz Medina y Orozco-Almanza (2010) también encontraron altos porcentajes de germinación ($> 80\%$) en semillas duras escarificadas de especies de Fabáceas, en contraste con los bajos porcentajes de germinación ($< 35\%$) que demostraron las semillas sin escarificar de las mismas especies en iguales condiciones de germinación.

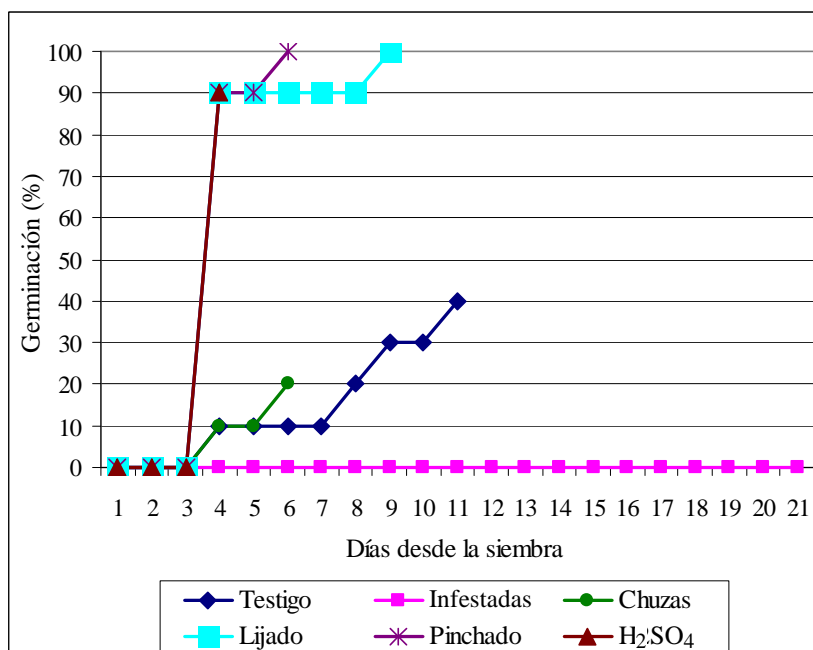


Fig. 3.5. Porcentajes de germinación de semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos

Otro tratamiento que superó por más del doble el porcentaje de germinación del testigo, fue el tratamiento con ácido sulfúrico (H_2SO_4), el cual alcanzó un 90 % de germinación (Fig. 3.5 y 3.6). En tanto, el porcentaje de germinación de semillas chuzas fue muy bajo, pudiendo deberse a la maduración incompleta de sus embriones.

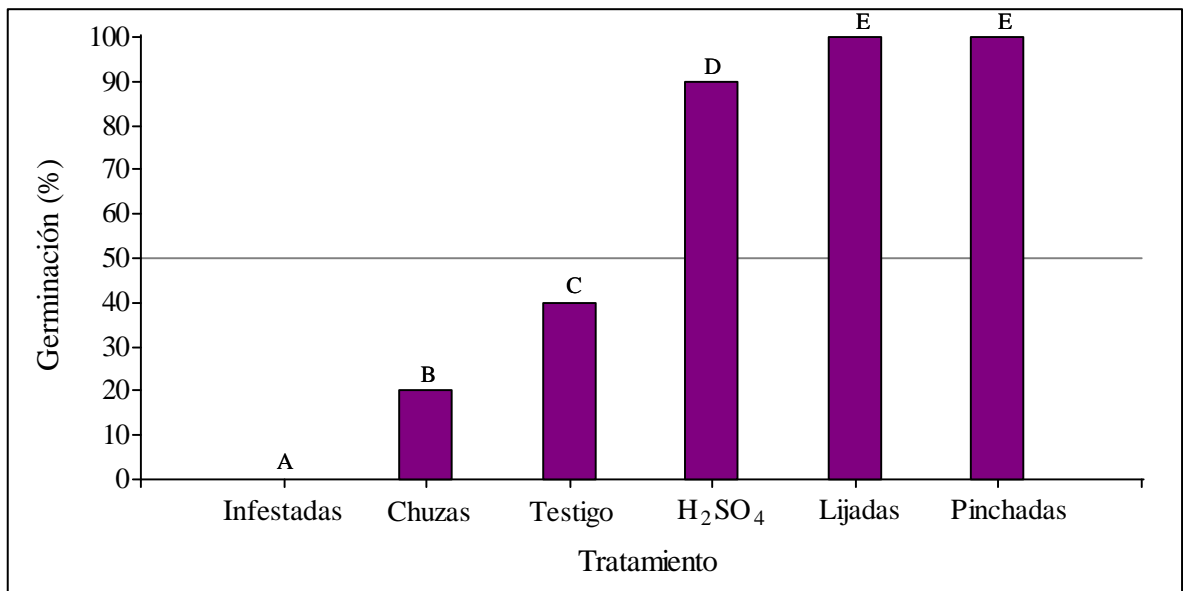


Fig. 3.6. Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* sometidas a diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Estos resultados confirman la dormición física impuesta por la cubierta seminal típica de las semillas duras, la que impide la entrada de agua, coincidiendo con Galussi (2007), quien indica la presencia de semillas duras en Fabáceas forrajeras, cuyo porcentaje puede mostrar considerable variabilidad dependiendo de la especie, grado de maduración, condiciones durante la maduración y condiciones de almacenamiento (temperatura y humedad relativa).

Rhynchosia edulis

La Fig. 3.7 muestra que se alcanzaron valores de germinación del 100 % en el ensayo con semillas infestadas por insectos y en el tratamiento con semillas pinchadas, mostrando diferencias significativas ($P < 0,05$) con el testigo (Fig. 3.8). Estos resultados

podrían atribuirse a que los insectos dejan, en las semillas de *R. edulis*, un remanente de cotiledones suficiente como para llevar a cabo la germinación permitiendo alcanzar el máximo valor, logrando el mismo efecto que la escarificación mecánica mediante pinchado. La mejora en la germinabilidad de semillas infestadas por brúquidos ha sido mencionada para algunas especies de *Acacia*, donde la salida del coleóptero de la semilla provoca en ella una perforación que facilita la imbibición y acorta el tiempo de germinación (Wiegand *et al.*, 1999).

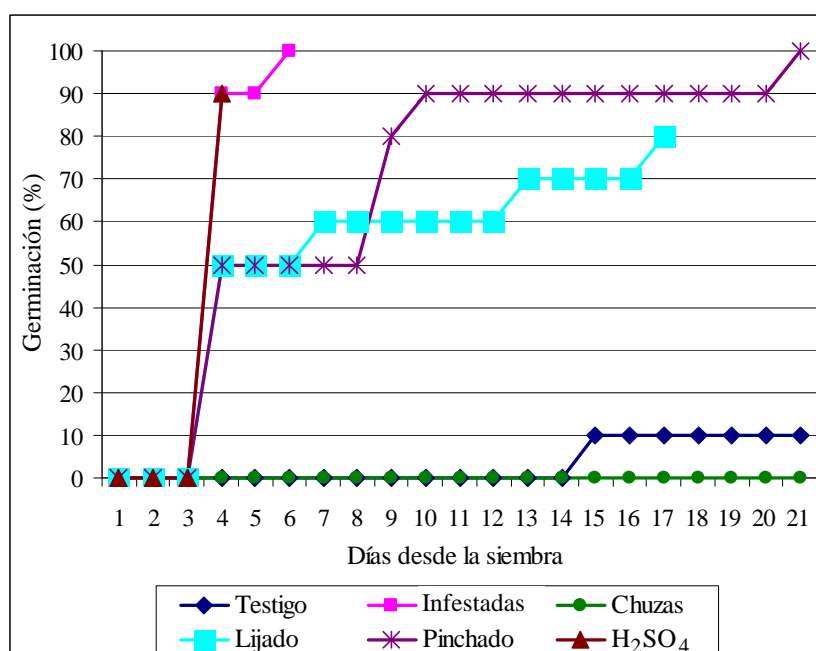


Fig. 3.7. Porcentajes de germinación de semillas de *Rhynchosia edulis*, desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos

Si bien los tratamientos de lijado y pinchado son diferentes formas de escarificación mecánica, mostraron resultados estadísticamente diferentes ($P < 0,05$), observándose un 20 % menos de germinación en las semillas que fueron lijadas (Fig. 3.8). Sin embargo, Haider Ali *et al.* (2011) lograron incrementar al 100 % el porcentaje de germinación en semillas de *Rhynchosia capitata* escarificadas con una lija número 80, en una zona opuesta al embrión hasta observar la exposición del cotiledón. Ésto estaría indicando que las semillas de *R. edulis* poseen una cubierta seminal muy dura, por lo que el lijado puede haber sido insuficiente para romper la dormición física. Shaukat y Burhan (2000) sólo

lograron un incremento del 30 % del porcentaje de germinación, respecto del control (35 %), realizando escarificación mecánica con una lija N° 1,5 en semillas de *R. minima*.

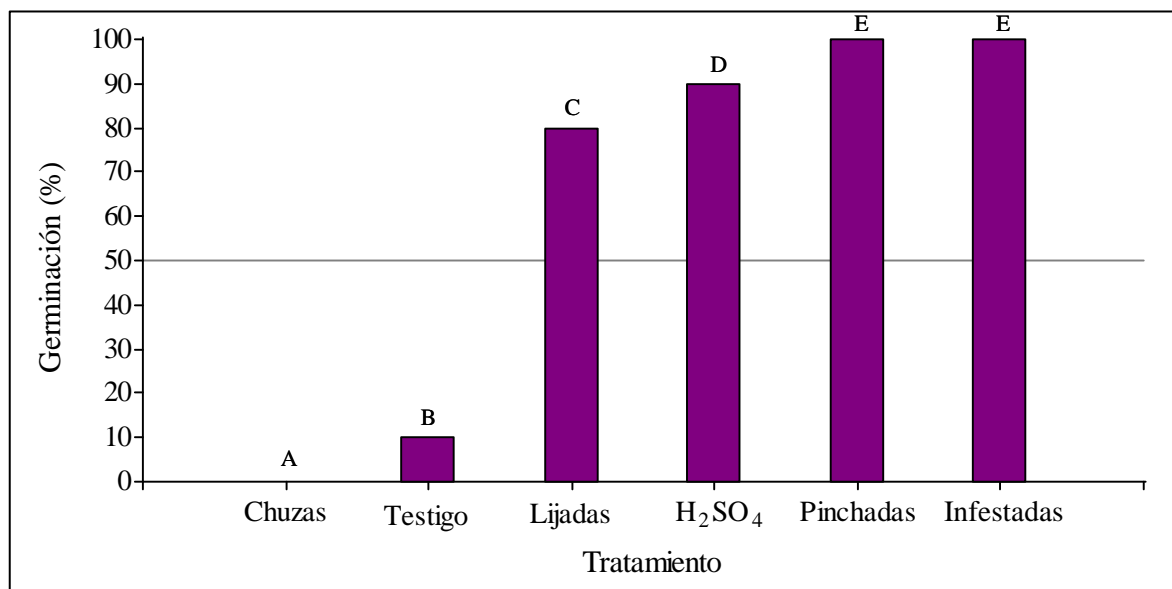


Fig. 3.8. Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de *Rhynchosia edulis* sometidas a diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

El tratamiento con ácido sulfúrico (H_2SO_4) produjo un porcentaje de germinación significativamente mayor que el del testigo ($P < 0,05$), llegando al 90 % (Fig. 3.8). Resultados similares fueron hallados por Lloyd-Reilley *et al.* (2002) para *Rhynchosia minima* en donde se incrementó la germinación de 17 a 53 % tras sumergir las semillas en H_2SO_4 durante 5 minutos, y por Haider Ali *et al.* (2011) en semillas de *Rhynchosia capitata* quienes lograron porcentajes de germinación del 100 % al escarificar con H_2SO_4 durante 60 y 80 minutos, no así cuando se expusieron a tiempos mayores. Estos últimos autores indican que el H_2SO_4 , en tiempos mayores a 80 minutos de remojo, provoca un daño en el embrión y una disminución en el porcentaje de germinación.

El único tratamiento que demostró un porcentaje de germinación menor al testigo ($P < 0,05$), incluso nulo, fue el de semillas chuzas (Fig. 3.8), reflejando su maduración incompleta.

ESPECIES DE POÁCEAS

Setaria lachnea

Las semillas con tratamiento de nitrato de potasio (KNO_3) y preenfriado lograron una germinación similar al testigo (Fig. 3.9), no alcanzando el 20 % de germinación y sin mostrar diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre los tres tratamientos (Fig. 3.10). Estos resultados permiten inferir que los métodos para promover germinación, propuestos por ISTA (2010) para otras especies del género *Setaria*, no serían eficientes para *Setaria lachnea*.

Las cariopsis en las que se removieron las glumelas, lograron un porcentaje de germinación del 50 % (Fig. 3.9). Este 30 % mayor al del testigo ($P < 0,05$), puede deberse a que lemma y pálea constituirían una barrera física al pasaje de oxígeno o agua, como lo mencionan Reeder (1977) y Ernst *et al.* (1991), o bien, a una dormición impuesta por la presencia de inhibidores en esas coberturas, según lo expresan Ahring *et al.* (1975), Okada (1985), Pensiero *et al.* (1995) y Schrauf *et al.* (1998).

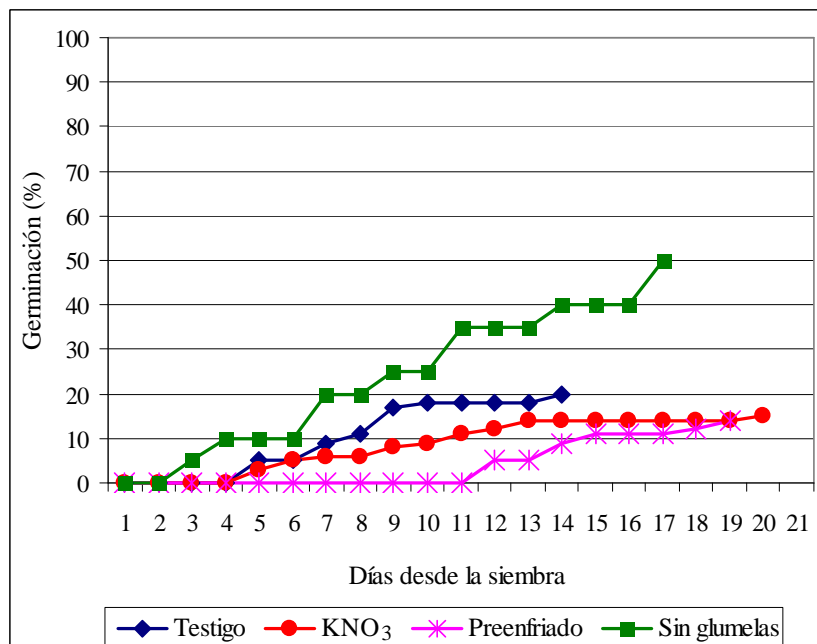


Fig. 3.9. Porcentajes de germinación de semillas de *Setaria lachnea*, desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos

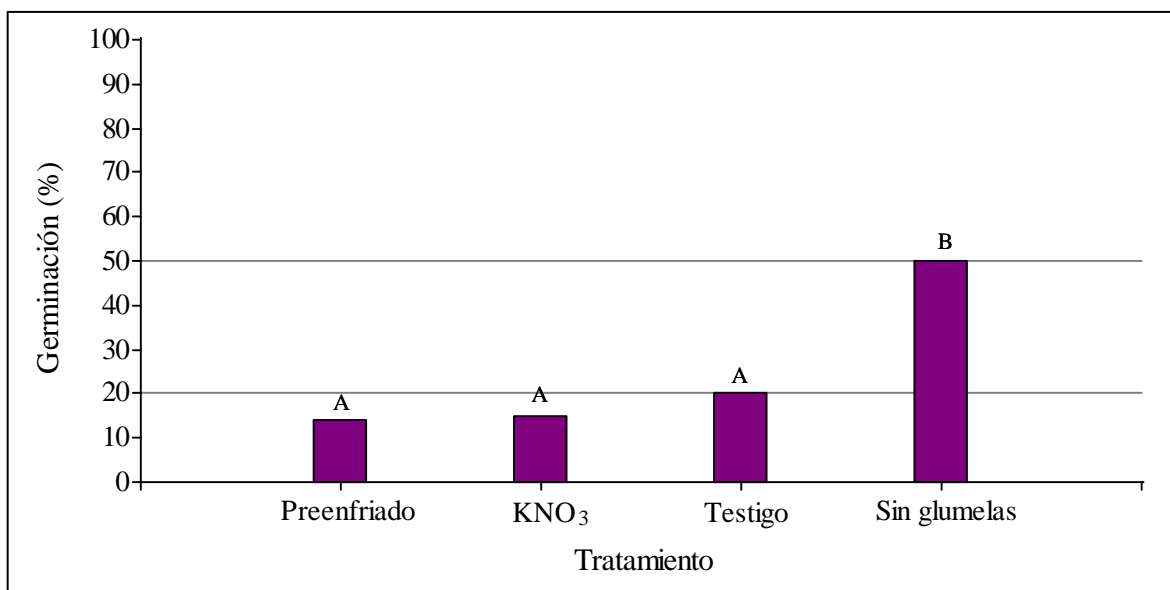


Fig. 3.10. Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de *Setaria lachnea* sometidas a diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Eragrostis tenuifolia

Los dos tratamientos ensayados, nitrato de potasio (KNO₃) y preenfriado, superaron al testigo, obteniendo valores de 100 % (Fig. 3.11), y mostraron diferencias estadísticamente significativas con el mismo ($P < 0,05$), evidenciando su eficacia en la ruptura de dormición (Fig. 3.12).

Los valores de germinación hallados en el tratamiento testigo (70 %) son ligeramente inferiores a los encontrados para otras especies del mismo género, como *E. superba*, con un poder germinativo de alrededor de 88 % (Petruzzi *et al.*, 2006; Carrillo Saucedo *et al.*, 2009) y *E. curvula* de un 85 % (Ruiz *et al.*, 2005). Sin embargo, para esta última especie están citados porcentajes de germinación menores (67 %), en estudios realizados en Méjico por Carrillo Saucedo *et al.* (2009).

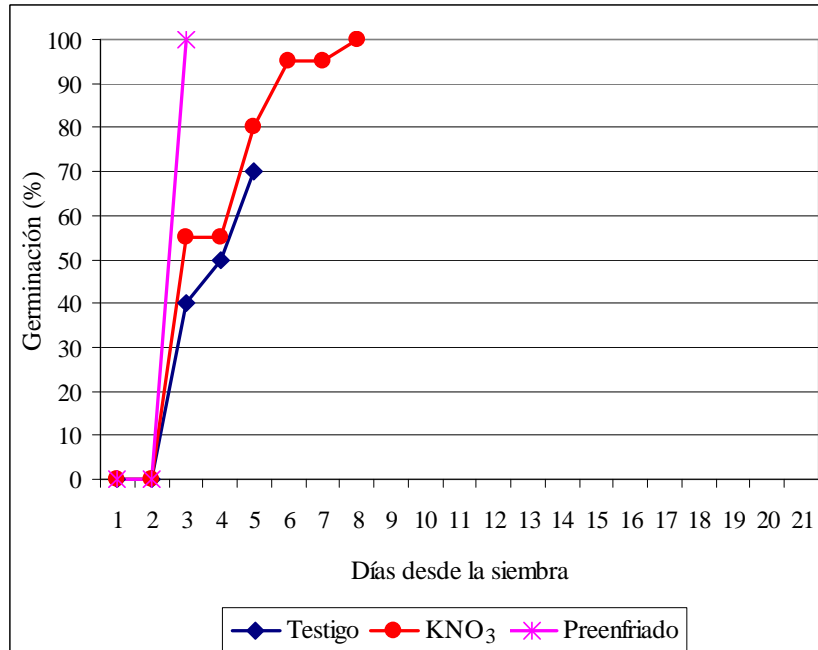


Fig. 3.11. Porcentajes de germinación de semillas de *Eragrostis tenuifolia*, desde la siembra hasta 21 días posteriores a la misma, bajo distintos tratamientos

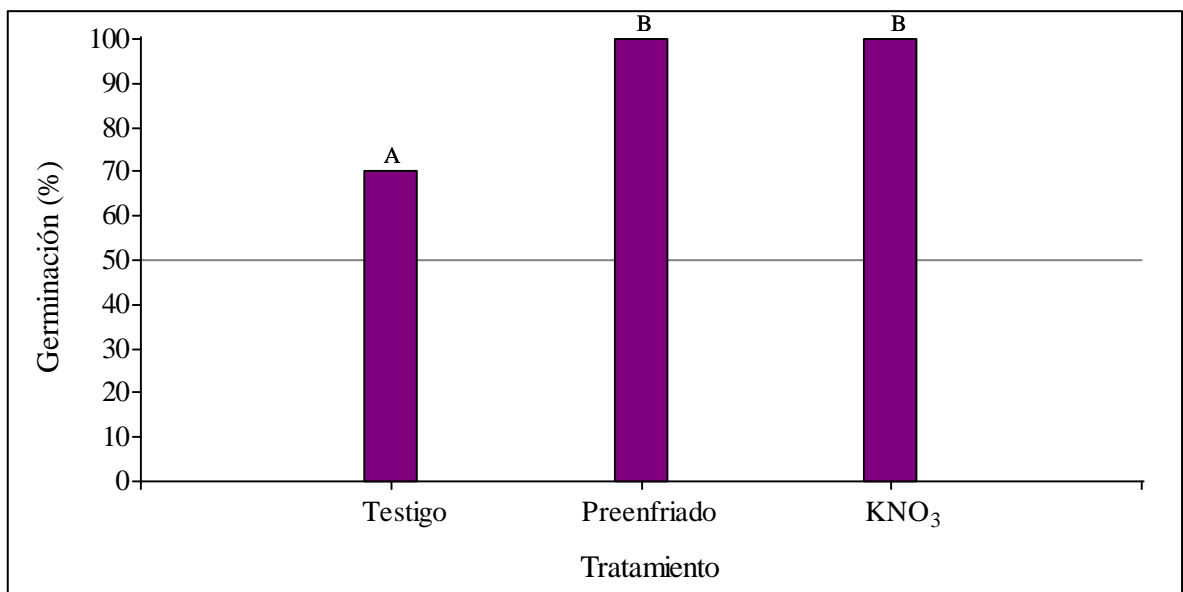


Fig. 3.12. Porcentajes de germinación obtenidos en semillas de *Eragrostis tenuifolia* sometidas a diferentes tratamientos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

ENSAYOS DE CHOQUE TÉRMICO

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CHOQUES TÉRMICOS EN LA GERMINACIÓN

Galactia latisiliqua var. *latisiliqua*

La Fig. 3.13 muestra comparativamente los ensayos de germinación de los seis tratamientos de choque térmico realizados, más el testigo, a los 10 días luego de la siembra.

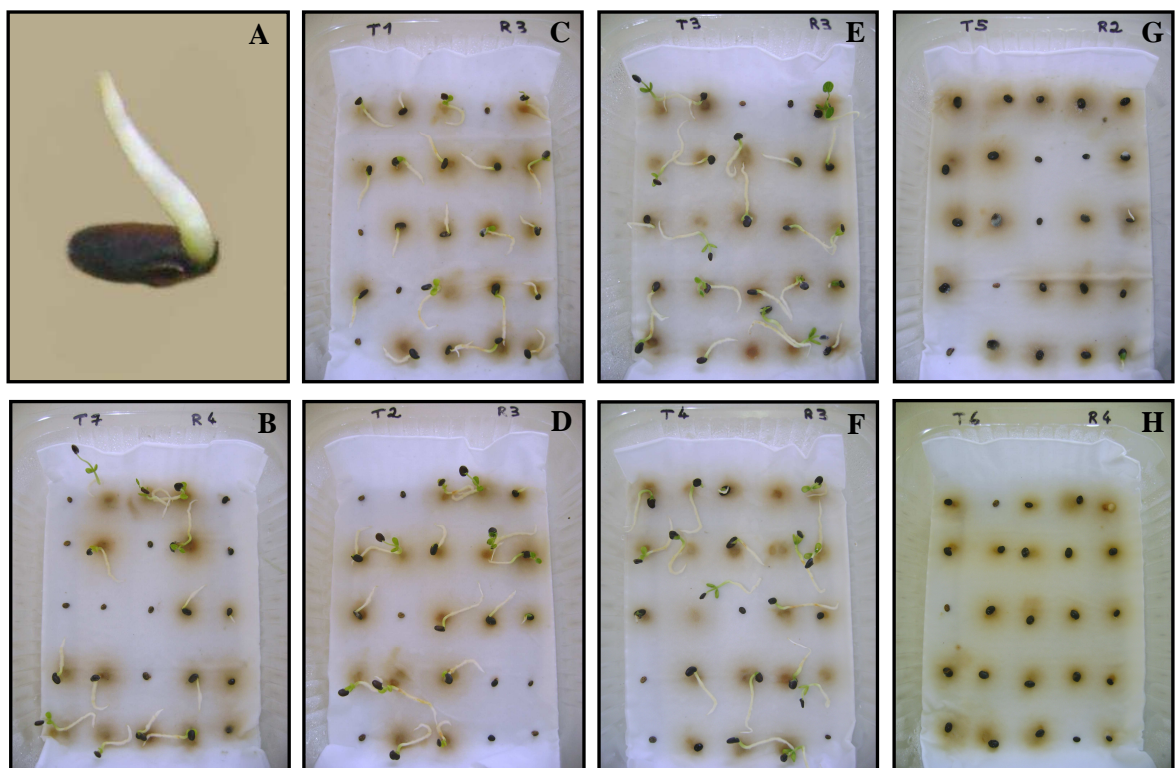


Fig. 3.13. Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* a 10 días de la siembra. **A:** Semilla germinada, 6 mm de radícula; **B:** Testigo; **C:** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **D:** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **E:** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **F:** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **G:** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **H:** Tratamiento 120 °C, 10 minutos

En la Fig. 3.14 se observa que las semillas con tratamiento de choque térmico de 120 °C, lograron porcentajes de germinación menores al 6 %, con exposición de 5 minutos, y nulo cuando el tiempo de exposición fue de 10 minutos. Este resultado permitiría inferir que los embriones mueren bajo el efecto de estas altas temperaturas.

Por otro lado, las semillas que fueron sometidas a tratamientos con temperaturas de 60 y 90 °C, independientemente del tiempo de exposición (Fig. 3.14), alcanzaron porcentajes de germinación (71 a 81 % respectivamente) superiores a los del testigo (65 %).

Estadísticamente no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$), para esta especie (Fig. 3.15), entre los tiempos de exposición al choque térmico para ninguno de los tratamientos.

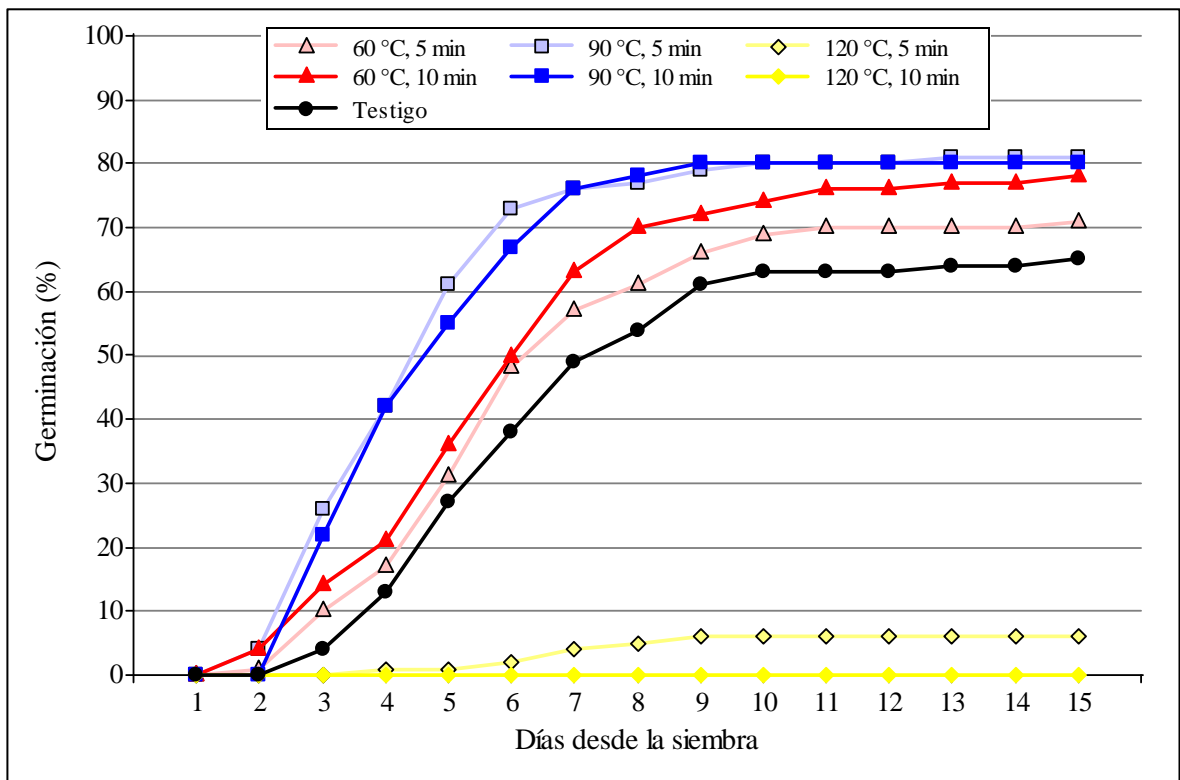


Fig. 3.14. Curvas de germinación de semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico

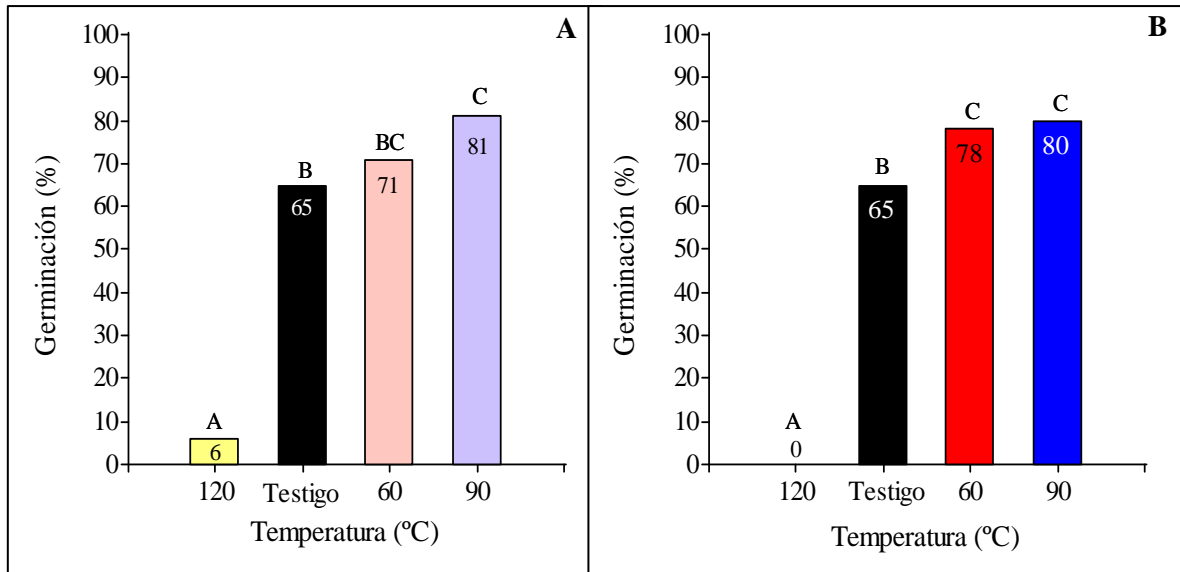


Fig. 3.15. Porcentajes de germinación de semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. **A:** Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; **B:** Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Para cada tiempo de exposición, el tratamiento con calentamiento a 120 °C y el testigo mostraron resultados estadísticamente diferentes al resto de los tratamientos (Fig. 3.15).

Se evidencia un efecto estimulador del choque térmico a las temperaturas de 60 y 90 °C, sobre la germinación de las semillas de esta especie, las que podrían no sólo sobrevivir, sino verse favorecidas en su capacidad germinativa en incendios rasantes o de baja intensidad como los mencionados por Salgado (1997) en sus estudios de la influencia de los incendios sobre la materia orgánica del suelo y los estudios realizados en ecosistemas argentinos por Kunst *et al.* (2003).

Estos resultados coinciden con lo manifestado por Bolin (2009) para *Galactia regularis*, especie 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 *Galactia tenuiflora*, especie australiana, en la que temperaturas de 80 °C estimularon la germinación y las próximas a los 100 °C tuvieron efectos letales sobre los embriones de sus semillas.

Rhynchosia edulis

La Fig. 3.16 muestra comparativamente los ensayos de germinación de los seis tratamientos de choque térmico realizados, más el testigo, a los 10 días luego de la siembra.

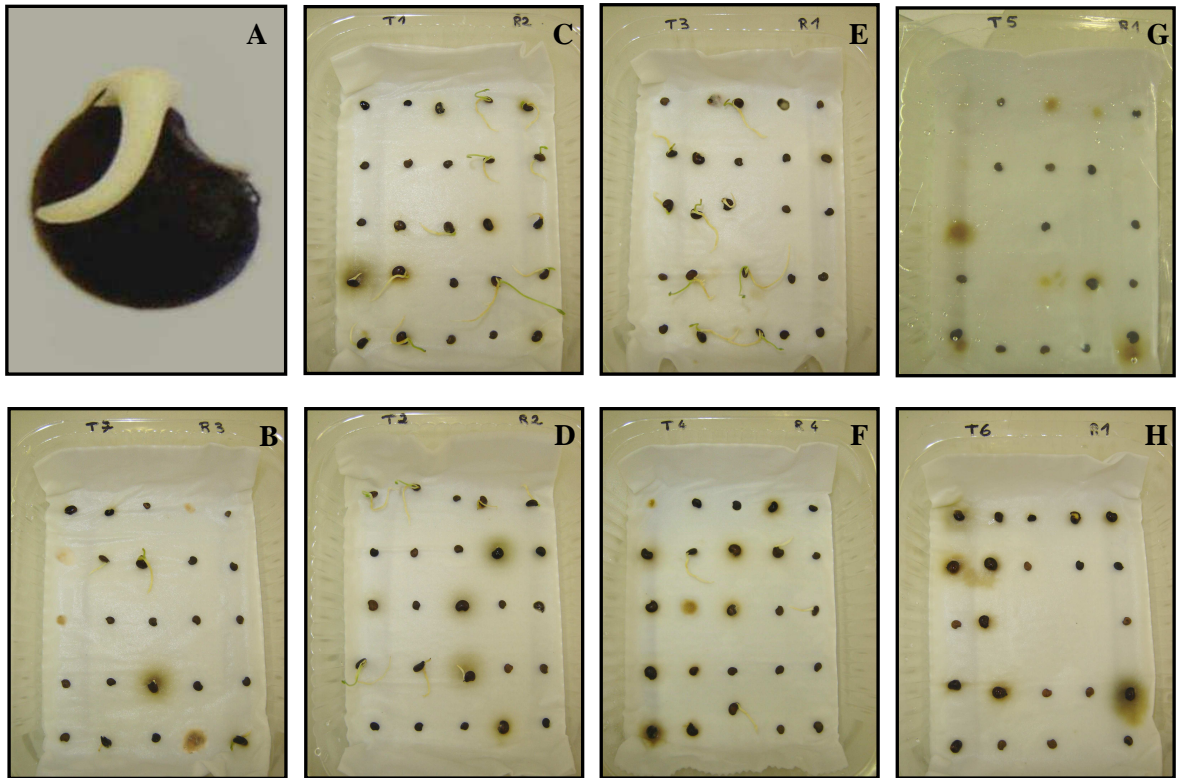


Fig. 3.16. Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de *Rhynchosia edulis* a 10 días de la siembra. **A:** Semilla germinada, 3 mm de radícula; **B:** Testigo; **C:** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **D:** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **E:** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **F:** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **G:** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **H:** Tratamiento 120 °C, 10 minutos

En la Fig. 3.17 se observa que las semillas con tratamiento de choque térmico de 120 °C alcanzan porcentajes de germinación muy bajos, incluso nulo cuando el tiempo de exposición fue de 10 minutos, mostrando diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) con el testigo (Fig. 3.18). Esto indica que temperaturas tan elevadas, además de no favorecer la germinación, dañarían al embrión de las semillas de esta especie.

Los mayores porcentajes de germinación (46-47 %) se obtuvieron en los tratamientos a 60 °C, seguido por el de 90 °C durante 5 minutos (41 %) y luego el tratamiento a 90 °C durante 10 minutos (37 %) que resultó igual al testigo (Fig. 3.18). Sin embargo, estadísticamente no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre los tiempos de exposición al choque térmico, ni entre los tratamientos de 60 °C, 90 °C y el testigo (Fig. 3.18).

En esta especie, ningún tratamiento superó el 50 % de semillas germinadas (Fig. 3.17), resultado de gran importancia para evaluar la capacidad regenerativa de la especie en situaciones post-incendio.

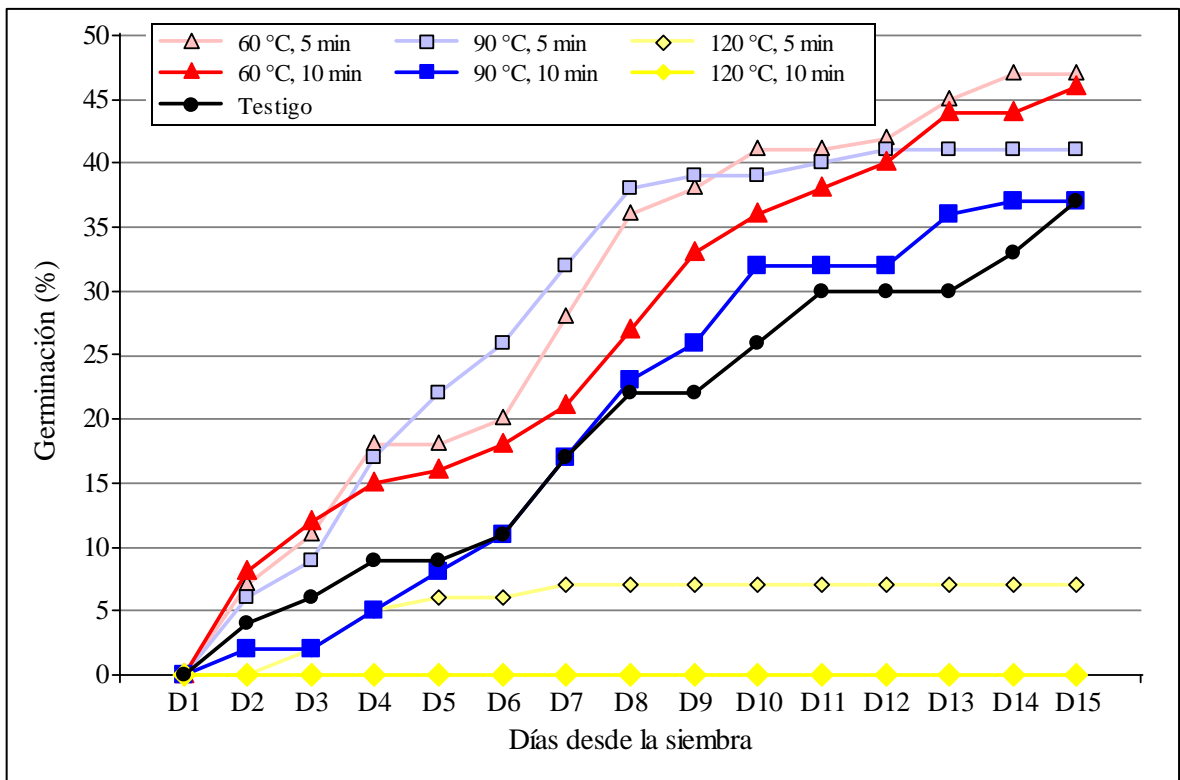


Fig. 3.17. Curvas de germinación de semillas de *Rhynchosia edulis*, desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico

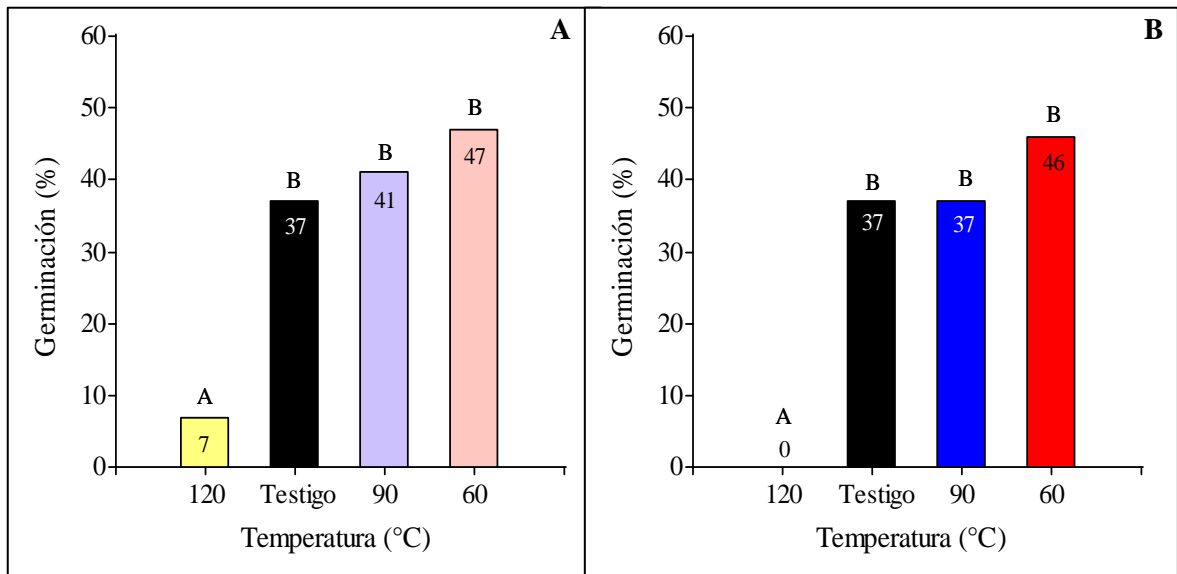


Fig. 3.18. Porcentajes de germinación de semillas de *Rhynchosia edulis* sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. **A**: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; **B**: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Estos resultados coinciden con los obtenidos por Madueño-Molina *et al.* (2006) en *Rhynchosia minima*, donde el tratamiento a 100 °C logró los porcentajes de germinación más bajos, posiblemente debido a daños en el embrión por efecto de las altas temperaturas. Estos mismos autores obtuvieron la mejor respuesta en la germinación con calentamiento a 90 °C, y no detectaron diferencias entre los tiempos de 5 y 10 minutos de exposición; mientras que Shaukat y Burhan (2000) incrementaron significativamente la germinación (de 35 a 55 %) en semillas de *R. minima* expuestas a calor seco, a 50 y 70 °C durante 4 minutos.

Setaria lachnea

La Fig. 3.19 muestra comparativamente los ensayos de germinación de los seis tratamientos de choque térmico realizados, más el testigo, a los 10 días luego de la siembra.

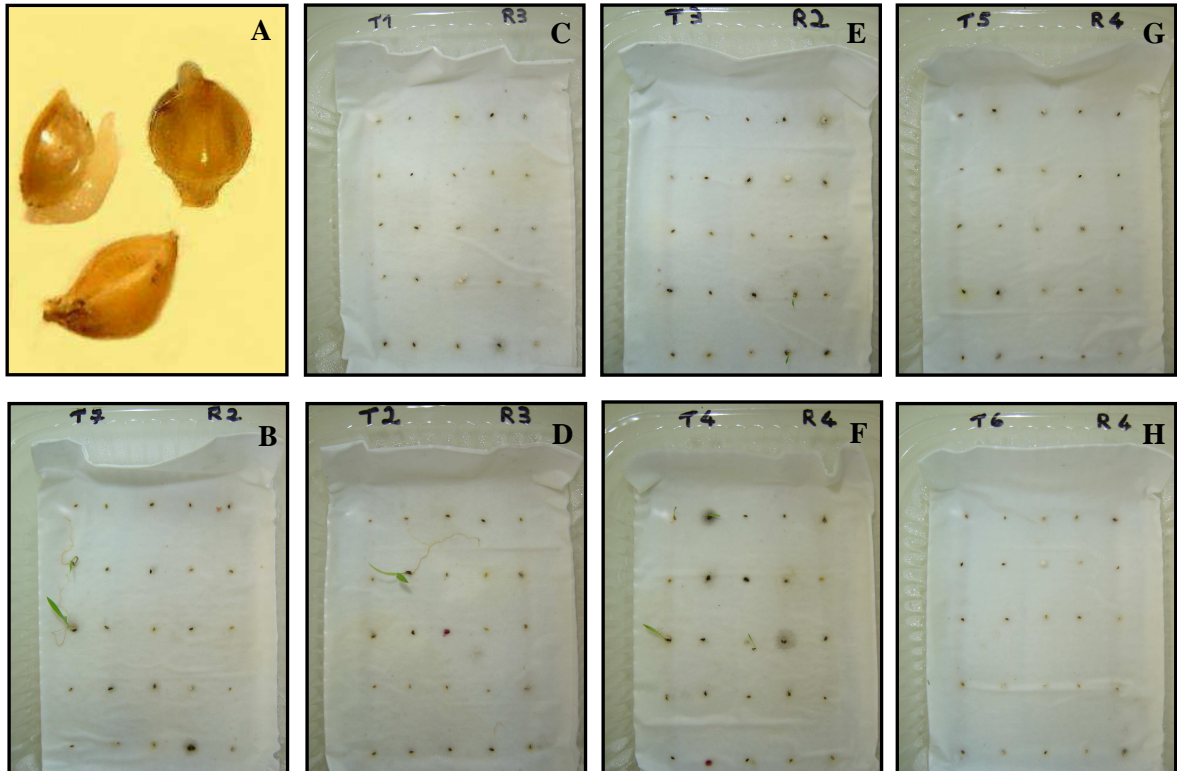


Fig. 3.19. Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de *Setaria lachnea* a 10 días de la siembra. **A:** Cariopsis germinadas, 0,2 mm de radícula; **B:** Testigo; **C:** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **D:** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **E:** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **F:** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **G:** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **H:** Tratamiento 120 °C, 10 minutos

Los porcentajes de germinación obtenidos han sido afectados por el porcentaje de espiguillas que produjeron fruto (fecundidad o producción de cariopsis). Se comprobó la presencia de cariopsis en el 32 %, en promedio, de las espiguillas sembradas, en cada tratamiento y en el testigo (Fig. 3.20). Este resultado difiere del obtenido por Pensiero *et al.* (1995), quienes hallaron un 61 % de espiguillas con cariopsis. Sin embargo, éste último es un valor alto si se lo compara con el de otras gramíneas tropicales, para las cuales están citados porcentajes de producción de cariopsis que oscilan entre un 17 y 60 % (Pensiero *et al.*, 1995). En estudios más recientes (Pensiero *et al.*, 2011) hallaron un 49 % de fecundidad como promedio de nueve poblaciones nativas de Argentina, similar a lo obtenido por Exner *et al.* (2010) y Ciotti *et al.* (1999).

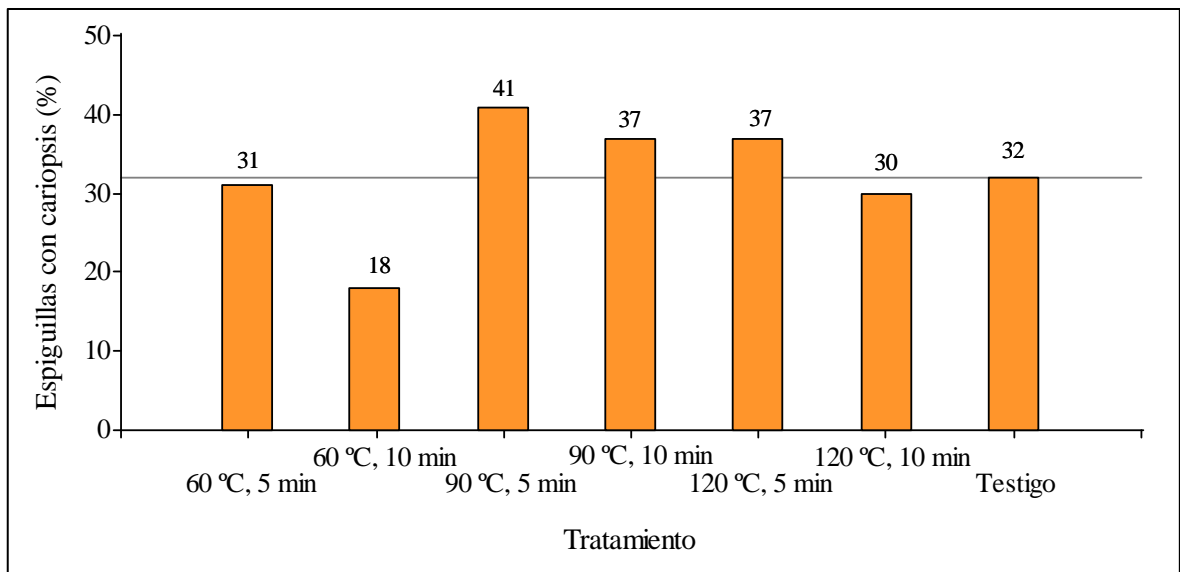


Fig. 3.20. Porcentajes de espiguillas con cariopsis de *Setaria lachnea* para cada tratamiento. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones

Las cariopsis con tratamiento de choque térmico a 120 °C, con exposiciones tanto de 5 (Fig. 3.21) como de 10 minutos (Fig. 3.22), tuvieron un 0 % de germinación.

La exposición a choques térmicos de 90 °C durante 5 minutos (Fig. 3.21) y de 60 °C durante 10 minutos (Fig. 3.22), resultaron los más favorables para la germinación, alcanzando un 26 y un 34 % respectivamente. Sin embargo, en el último tratamiento se obtuvo un porcentaje de germinación un 16 % mayor que el testigo (Fig. 3.23), siendo esta diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$). Es posible que la escarificación mejore la germinación y permita un establecimiento exitoso de *Setaria lachnea* (Pensiero *et al.*, 2011).

El porcentaje de germinación alcanzado por el testigo (18 %), es semejante al 20 % obtenido por Pensiero *et al.* (1995) y al 15 % expresado por Toniutti y Fornasero (2008) para esta especie.

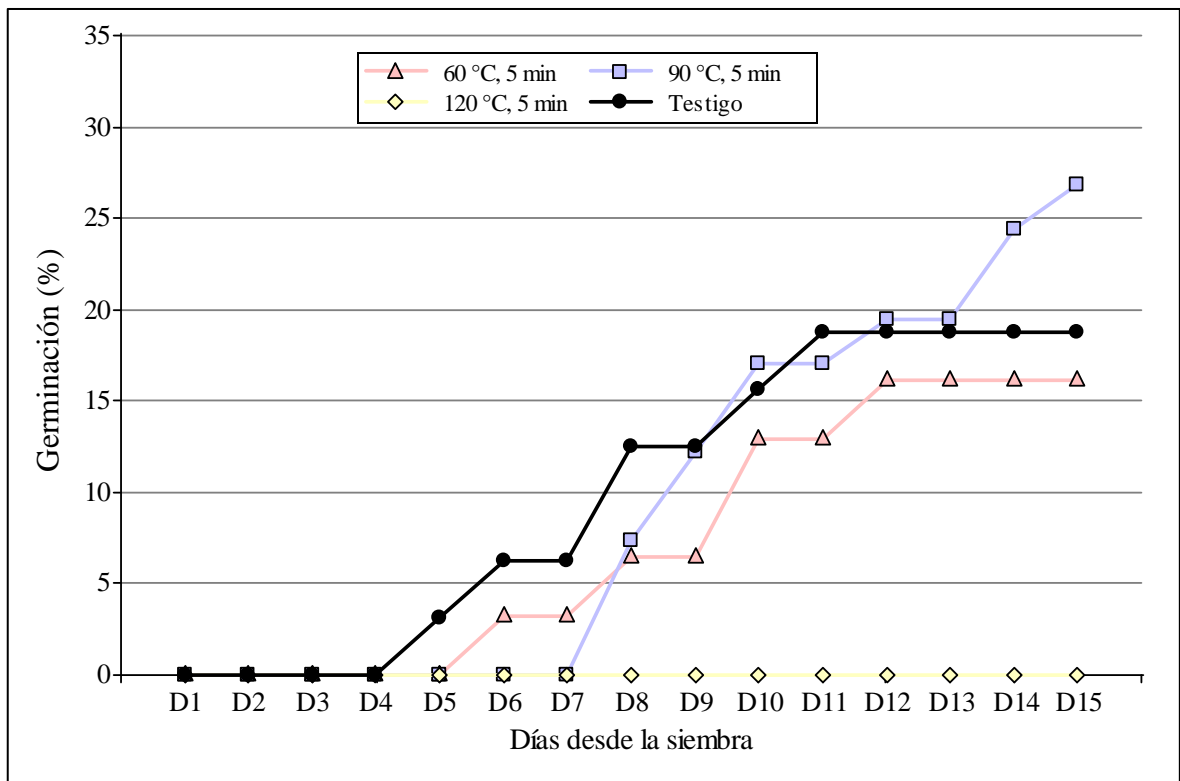


Fig. 3.21. Curvas de germinación de semillas de *Setaria lachnea*, desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 5 minutos

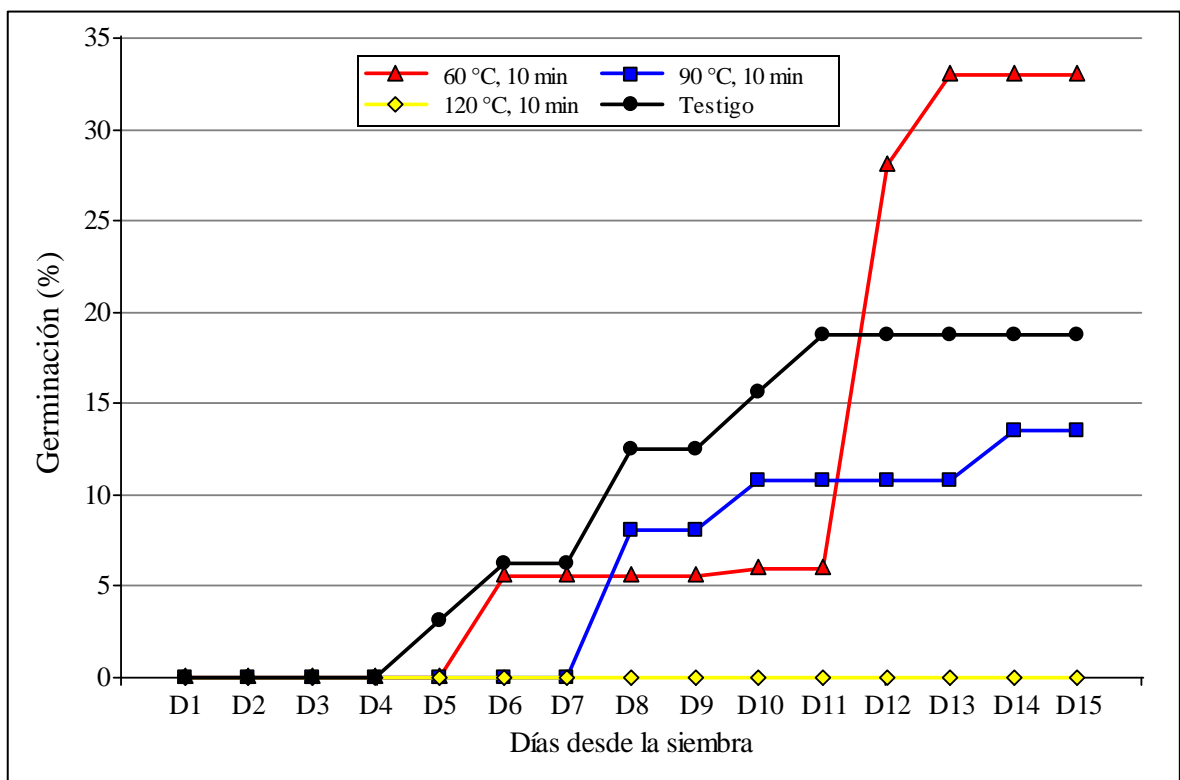


Fig. 3.22. Curvas de germinación de semillas de *Setaria lachnea*, desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 10 minutos

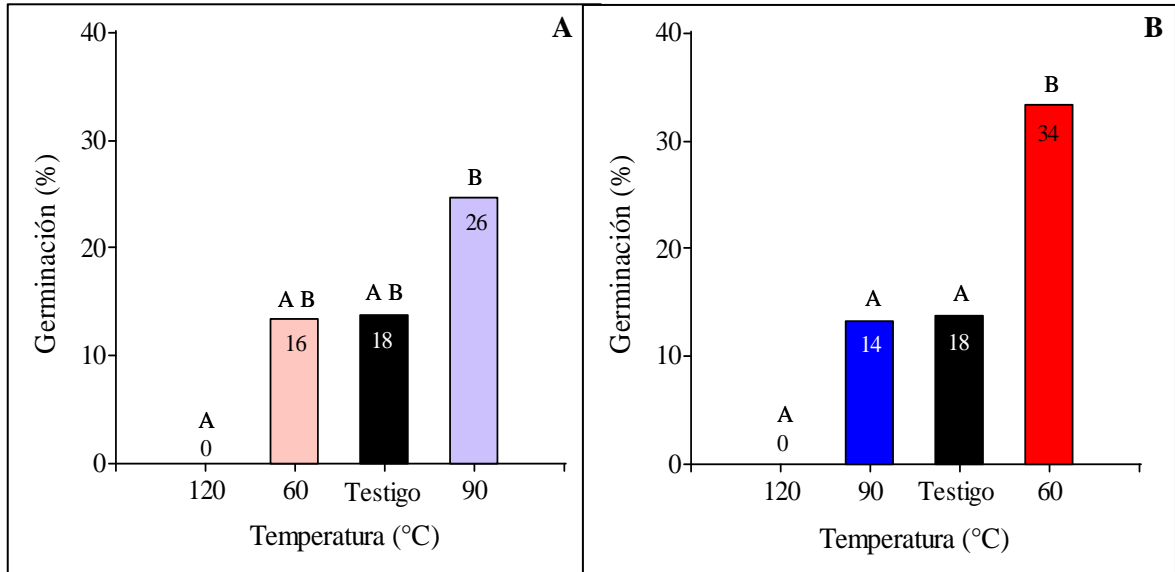


Fig. 3.23. Porcentajes de germinación de semillas de *Setaria lachnea* sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. **A**: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; **B**: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Eragrostis tenuifolia

La Fig. 3.24 muestra comparativamente los ensayos de germinación de los seis tratamientos de choque térmico realizados, más el testigo, a los 10 días luego de la siembra.

Las cariopsis sometidas a choques térmicos de 120 °C no germinaron, tanto de 5 (Fig. 3.25) como de 10 minutos (Fig. 3.26).

En la Fig. 3.25 se puede observar que las cariopsis de *Eragrostis tenuifolia* lograron el 100 % de germinación después del tratamiento de choque térmico a 90 °C con una duración de 5 minutos. En cambio, cuando la exposición a dicha temperatura fue de 10 minutos (Fig. 3.26), el porcentaje de cariopsis germinadas (86 %) fue algo menor que en el testigo (89 %), no hallándose diferencias significativas ($P > 0,05$) entre estos dos tratamientos (Fig. 3.27).

Cabe mencionar que el testigo presentó un porcentaje de germinación un 19 % superior al hallado en los ensayos de ajuste de la técnica de germinación. Este

comportamiento podría deberse a la dormición fisiológica existente en las semillas al momento de realizar los ensayos de ajuste. Halvorson y Guertin (2003a) indicaron que las semillas de *E. curvula* pierden su dormición luego de 5-6 meses de almacenamiento.

Las cariopsis sometidas a choques térmicos de 60 °C (Fig. 3.25 y 3.26), mostraron porcentajes de germinación (84 %) ligeramente inferior ($P > 0,05$) al del testigo (89 %) cuando el tiempo de exposición fue de 5 minutos, y ligeramente superior ($P > 0,05$) al del testigo cuando alcanzó los 10 minutos (92 %).

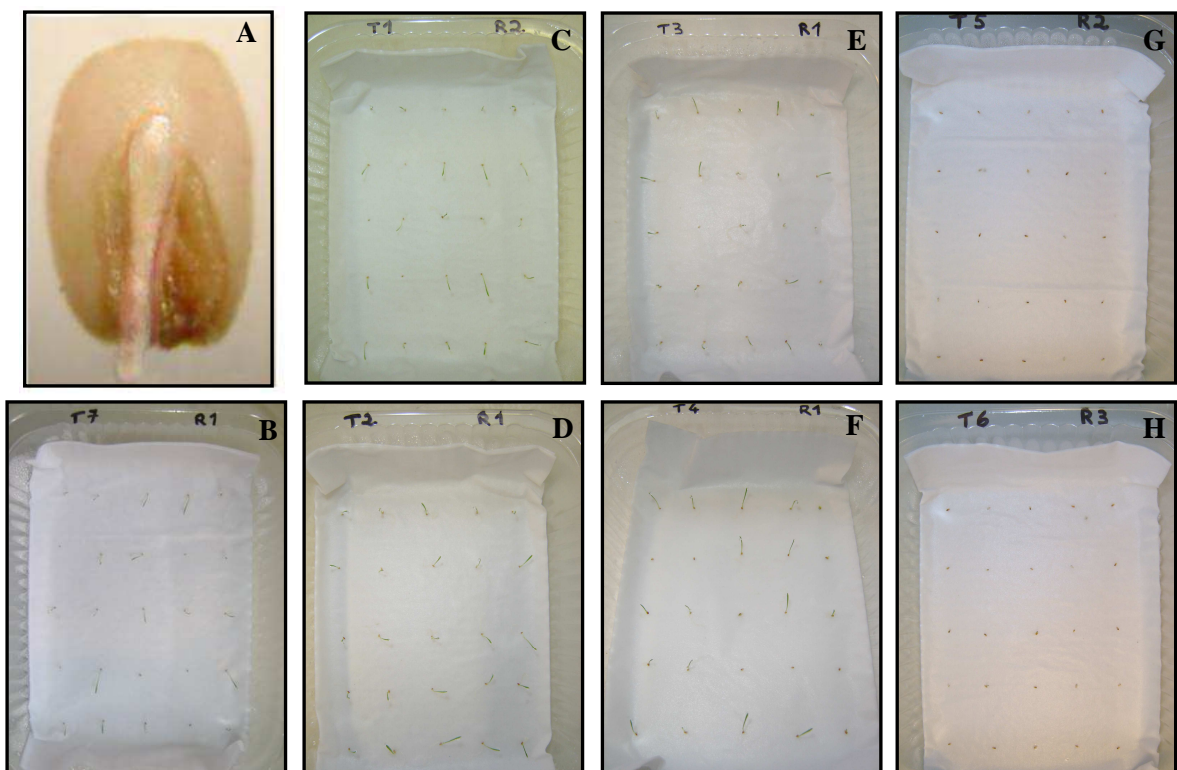


Fig. 3.24. Imágenes correspondientes a una repetición del ensayo de germinación de *Eragrostis tenuifolia* a 10 días de la siembra. **A:** Cariopsis germinada, 0,2 mm de radícula; **B:** Testigo; **C:** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **D:** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **E:** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **F:** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **G:** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **H:** Tratamiento 120 °C, 10 minutos

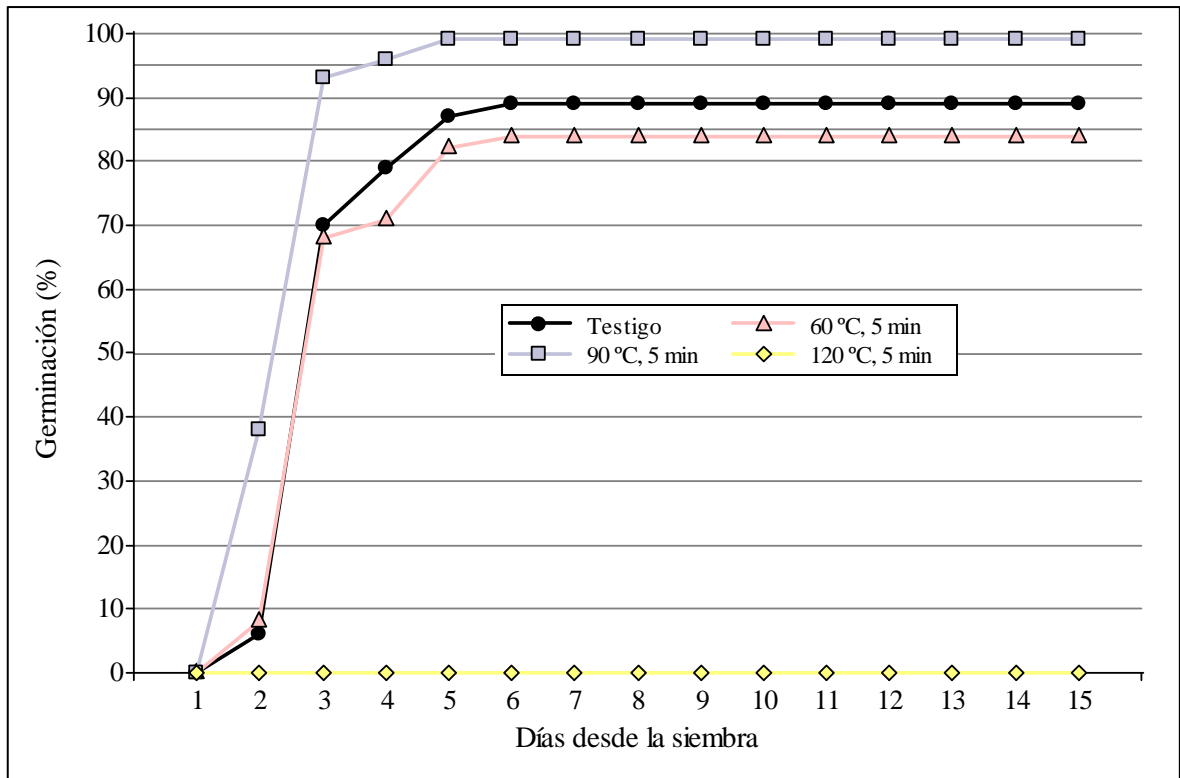


Fig. 3.25. Curvas de germinación de semillas de *Eragrostis tenuifolia*, desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 5 minutos

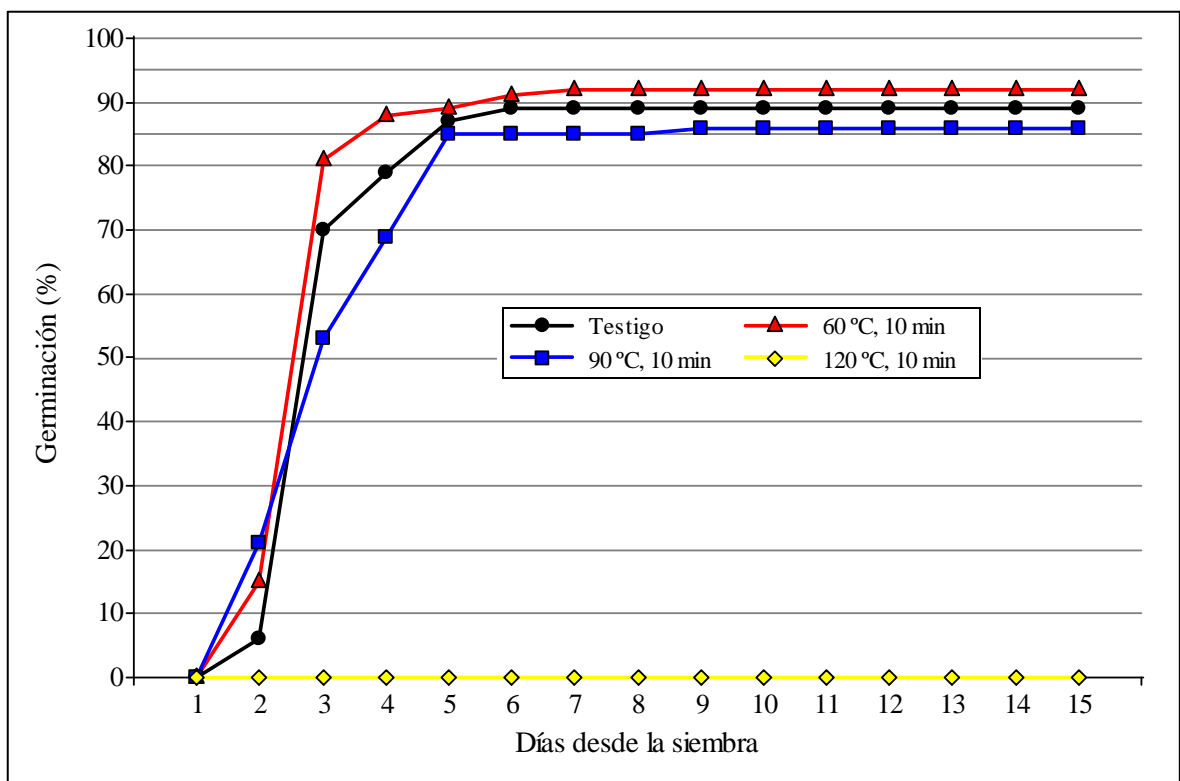


Fig. 3.26. Curvas de germinación de semillas de *Eragrostis tenuifolia*, desde la siembra hasta los 15 días, bajo distintos tratamientos de choque térmico de 10 minutos

Al exponer semillas a choques térmicos de 5 minutos, se observan diferencias estadísticamente significativas ($P < 0,05$) entre las temperaturas de exposición a choque térmico de 60, 90 y 120 °C (Fig. 3.27 A).

Con 10 minutos de exposición a choque térmico, no se observan diferencias significativas ($P > 0,05$) entre las temperaturas de 60, 90 °C y el testigo (Fig. 3.27 B), pero sí entre éstos y 120 °C.

Se observa que la germinación de las cariopsis de *Eragrostis tenuifolia* se ve estimulada bajo los efectos de temperaturas de 90 °C durante 5 minutos ($P < 0,05$), pero si el tiempo se prolonga a 10 minutos, son más beneficiosas las temperaturas de 60°C (Fig. 3.27) a pesar de que no se hallaron diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) entre este último tratamiento y el testigo.

Estos resultados coinciden con Haferkamp y Jordan (1977) y Veneciano (2006) quienes indicaron que la escarificación con calor seco a 70 °C puede romper dormición en cariopsis de *Eragrostis lehmanniana* con el consecuente incremento de germinación, y con lo hallado por Ruyle *et al.* (1988), quienes expresaron que los tratamientos de choques térmicos provocados naturalmente por el fuego, son efectivos para romper dormición en cariopsis de *E. lehmanniana*, siendo más efectivos los de calor más intenso, e inclusive observaron mayor efectos sobre las presentes en el banco de semillas por unos meses, en comparación con las recién incorporadas al mismo.

Por otro lado, lo expresado por Kreitschitz *et al.* (2009) sobre la capacidad para absorber y mantener la humedad que tiene la cubierta de pectina de la superficie de los granos de especies de *Eragrostis*, podría ser una capacidad adaptativa de estas especies que explica en parte, el alto porcentaje de germinación observado en estos resultados. A esta consideración se suma lo manifestado por Halvorson y Guertin (2003a), quienes sostienen que cortos períodos de humedad tienden a romper la dormición post cosecha, normalmente de 5-6 meses, en *Eragrostis curvula*, especie muy próxima y con un comportamiento muy similar a *E. tenuifolia*.

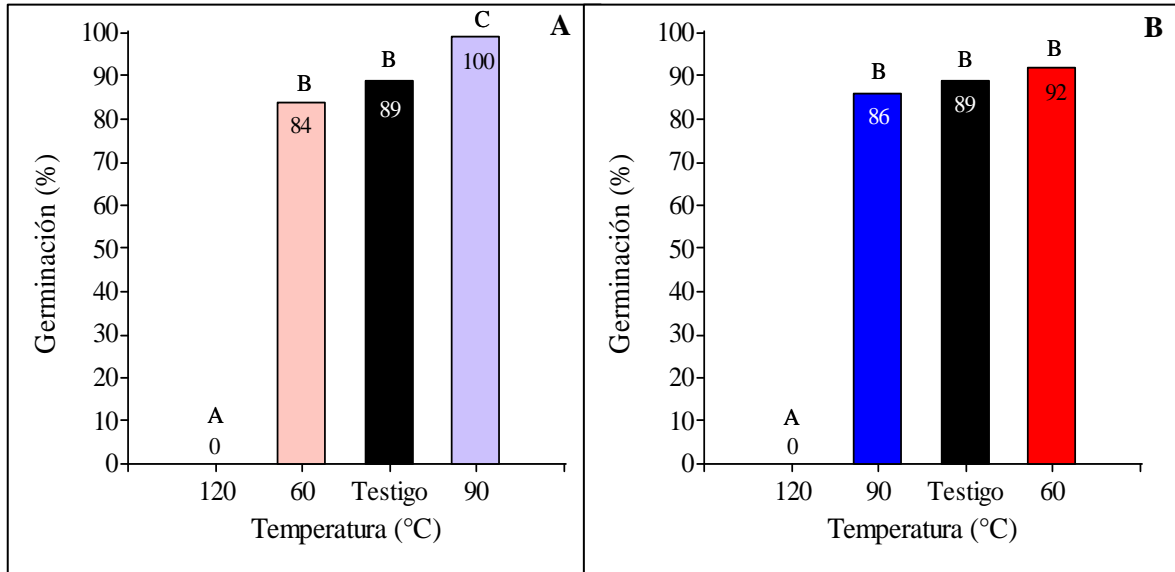


Fig. 3.27. Porcentajes de germinación de semillas de *Eragrostis tenuifolia* sometidas a diferentes tratamientos de choque térmico. **A**: Exposiciones a choque térmico durante 5 minutos; **B**: Exposiciones a choque térmico durante 10 minutos. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

DETERMINACIÓN DE LA VIABILIDAD POR TETRAZOLIO DE LAS SEMILLAS NO GERMINADAS

Galactia latisiliqua var. *latisiliqua*

El ensayo de tetrazolio realizado con las semillas que no germinaron luego de ser sometidas al choque térmico, reveló una pérdida de viabilidad, en porcentajes que oscilaron entre un 15 y un 17 % (Fig. 3.28), sólo en las semillas que fueron expuestas a choques térmicos de 120 °C, mostrando diferencias estadísticamente significativas con el resto de los tratamientos (Fig. 3.29). En dichos tratamientos, algunas de las semillas mostraron partes esenciales sin teñir, por lo que se consideraron no viables, es decir, sin el potencial de producir una plántula normal (Fig. 3.30). 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.

Los tratamientos con choques térmicos de 60 y 90 °C no afectaron la viabilidad de las semillas de esta especie (Fig. 3.28).

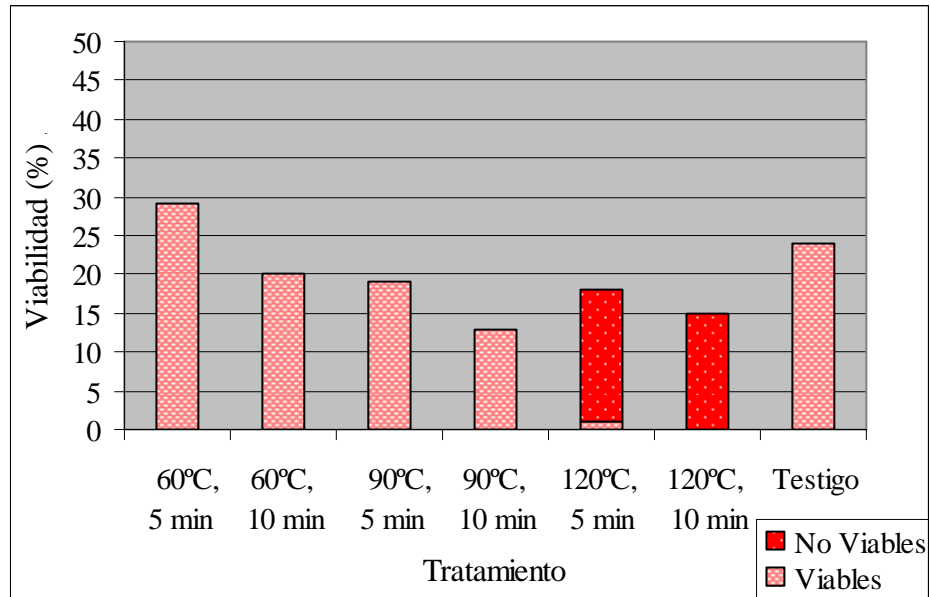


Fig. 3.28. Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico

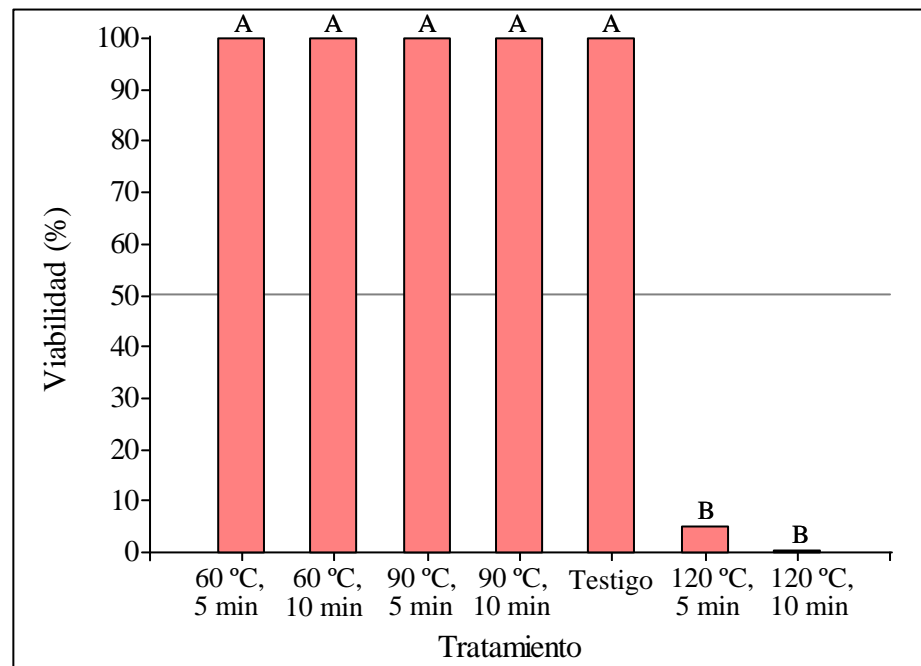


Fig. 3.29. Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

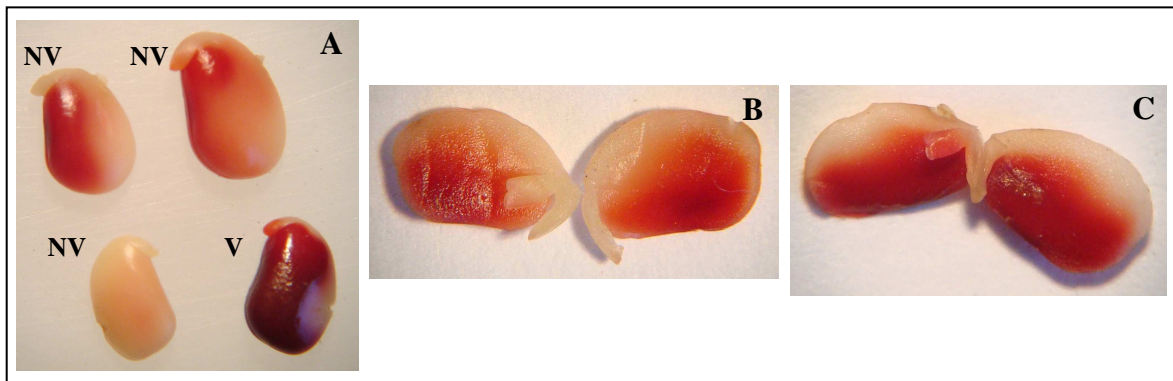


Fig. 3.30. Semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* con diferentes patrones de tinción, correspondientes al tratamiento de 120 °C, 5 minutos. **A**: Semillas no viables (NV) y viable (V), vista lateral; **B-C**: Cortes longitudinales en semillas no viables

Rhynchosia edulis

Si bien en todos los tratamientos, inclusive en el testigo, se hallaron algunas semillas no viables (Fig. 3.31), los tratamientos con choques térmicos de 60 y 90 °C, incrementaron levemente los porcentajes de semillas no viables, en relación al 9 % manifestado por el testigo, alcanzando valores entre 18 y 25 % (Fig. 3.32). Estos resultados son coincidentes con los obtenidos por Cruz Medina y Orozco-Almanza (2010) en semillas de ocho especies de la familia Fabáceas, las cuales perdieron viabilidad con temperaturas de 45 °C.

En la Fig. 3.32 se puede observar que en el tratamiento con choque térmico de 120 °C durante 10 minutos ninguna semilla germinó debido a la pérdida de viabilidad, en tanto que en el tratamiento a 120 °C durante 5 minutos el 75 % de las semillas resultaron no viables.

Al igual que en la especie anterior, las semillas con partes esenciales sin teñir se consideraron no viables (Fig. 3.33).

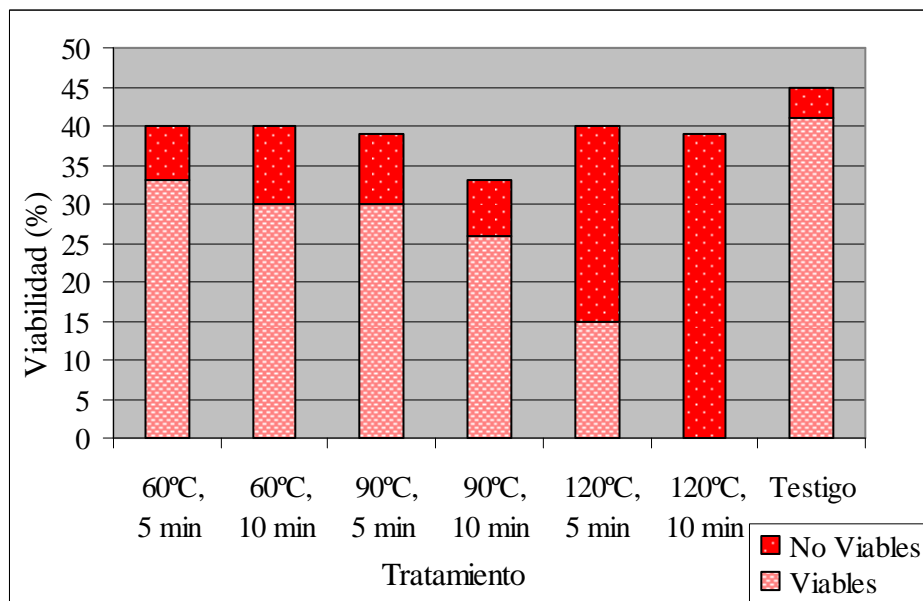


Fig. 3.31. Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de *Rhynchosia edulis* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico

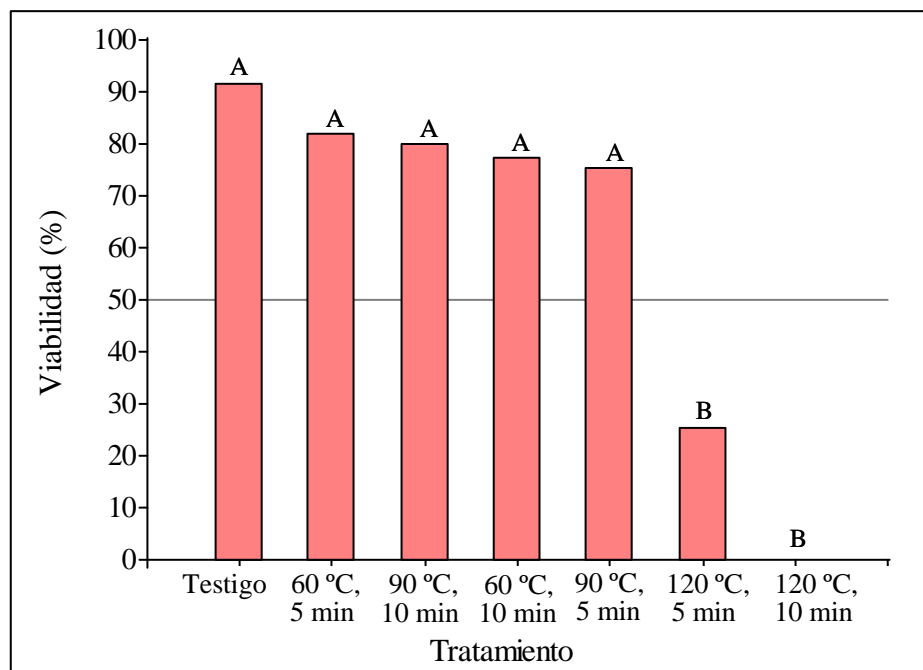


Fig. 3.32. Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de *Rhynchosia edulis* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

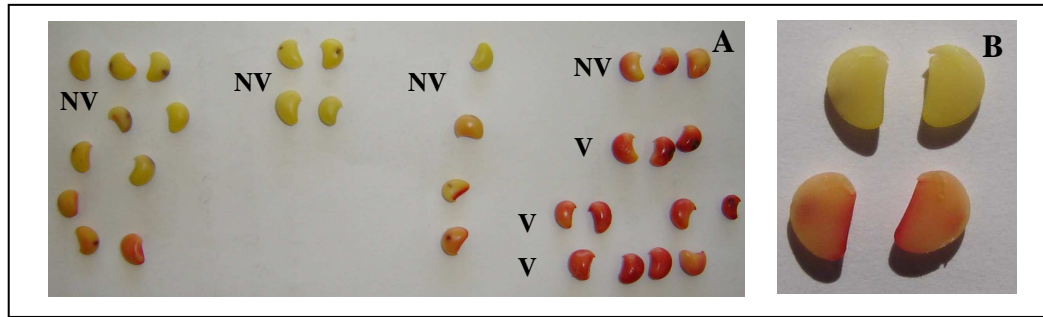


Fig. 3.33. Semillas de *Rhynchosia edulis* con diferentes patrones de tinción correspondientes al tratamiento de 120 °C, 5 minutos. **A:** Semillas no viables (NV) y viables (V), vista lateral; **B:** Cortes longitudinales en semillas no viables

Setaria lachnea

En esta especie, se detectaron cariopsis no viables en todos los tratamientos, inclusive en el testigo (Fig. 3.34).

La exposición a choques térmicos de 120 °C, provoca la pérdida casi total o total (97-100 %) de viabilidad de las cariopsis (Fig. 3.35).

Los tratamientos con exposición a temperaturas de 60 y 90 °C durante 5 minutos, presentaron porcentajes de cariopsis no viables similares al testigo ($P > 0,05$), siendo éstos de 22, 26 y 19 % respectivamente (Fig. 3.35). La viabilidad obtenida en el testigo coincide con Pensiero *et al.* (2011) quienes hallaron, en nueve poblaciones de *Setaria lachnea*, porcentajes de viabilidad superiores al 80 %. Dicho comportamiento podría deberse a la presencia de inhibidores en las envolturas de las semillas (glumelas: lemma y pálea), que serían la causa de la latencia en las semillas de esta especie (Pensiero *et al.*, 2011) y que no son afectados por los tratamientos mencionados.

La exposición de cariopsis a 60 y 90 °C pero con una duración de 10 minutos, elevó el porcentaje de semillas no viables al 33-43 % (Fig. 3.34), representando un 50 % de las cariopsis sometidas al ensayo de tetrazolio en dichos tratamientos (Fig. 3.35), lo cual manifiesta su efecto negativo sobre la viabilidad. Dichos resultados difieren estadísticamente ($P < 0,05$) con el testigo (Fig. 3.35) y concuerdan con Silcock (1971) y Silcock *et al.* (1990) quienes hallaron que temperaturas de secado de semillas superiores a 70 °C, en tiempos mayores a una hora, provocan una seria disminución en la viabilidad de las semillas de *Setaria lachnea*.

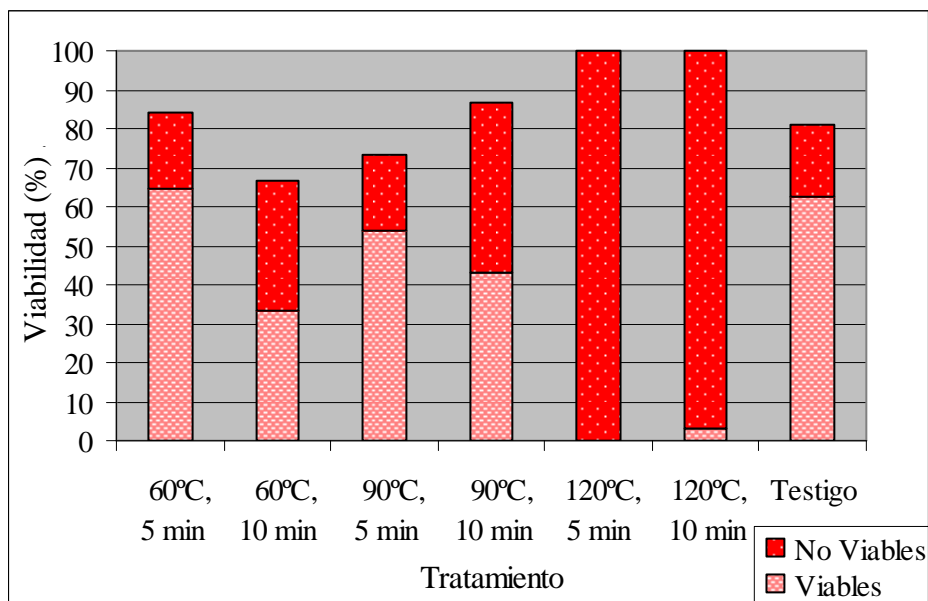


Fig. 3.34. Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de *Setaria lachnea* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico

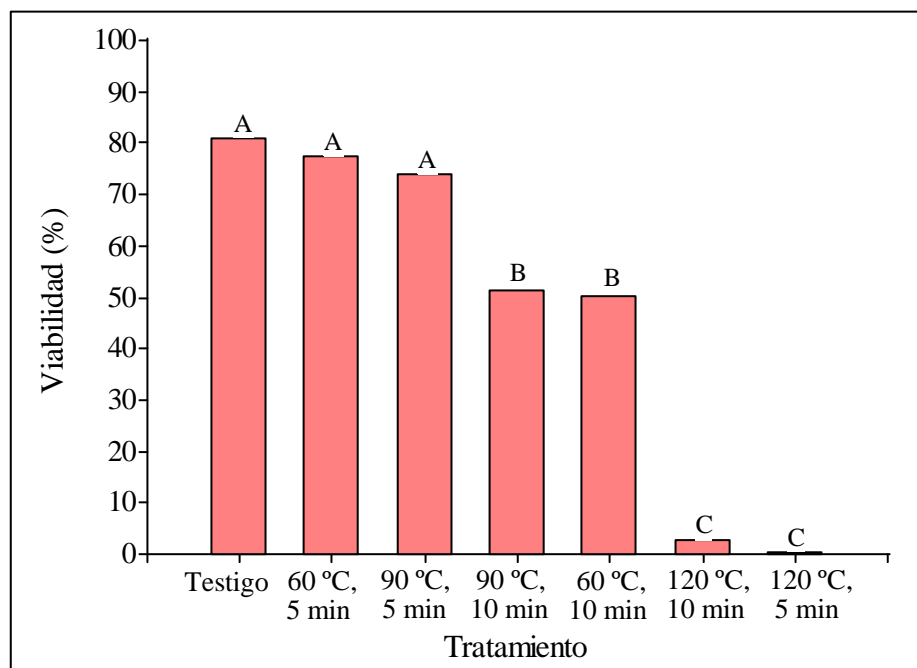


Fig. 3.35. Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de *Setaria lachnea* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

En la Fig. 3.36 pueden observarse cariopsis no viables y viables de *Setaria lachnea*, resultantes de la prueba de viabilidad.

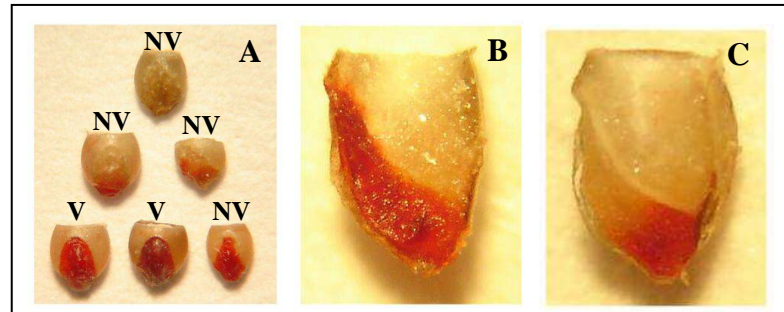


Fig. 3.36. Cariopsis de *Setaria lachnea*, con corte transversal para el ensayo de tetrazolio. **A:** Cariopsis no viables (NV) y viables (V), vista escutelar; **B:** Corte longitudinal de cariopsis viable; **C:** Corte longitudinal de cariopsis no viable

Eragrostis tenuifolia

Los choques térmicos de 60 °C manifestaron la misma viabilidad ($P > 0,05$) que el testigo (Fig. 3.37-38). Esto indica que la temperatura a la que fueron sometidas dichas cariopsis no provocó pérdida de viabilidad pero fue insuficiente para romper la dormición y permitir la germinación. Sin embargo, en ensayos realizados mediante una escarificación con calor seco a 70 °C en cariopsis de *Eragrostis lehmanniana* Nees (Haferkamp y Jordan, 1977; Halvorson y Guertin, 2003b), se logró incrementar el porcentaje de germinación, adjudicándose estos resultados a una alteración de la barrera provocada por una sustancia gelatinosa presente en la cubierta seminal o a la reorganización de algunos componentes estructurales y/o desnaturalización de otros.

En la Fig. 3.38 se observa que las cariopsis de esta especie perdieron un 27 % de viabilidad cuando la temperatura de exposición al choque térmico fue de 90 °C durante 10 minutos, dicho porcentaje fue aumentando hasta un 89 % en el tratamiento de 120 °C durante 5 minutos, hasta la pérdida total de viabilidad en el tratamiento a 120 °C durante 10 minutos, observándose diferencias significativas con el testigo en los tres tratamientos mencionados ($P < 0,05$).

Cabe aclarar que todas las cariopsis sometidas a choque térmico de 90 °C durante 5 minutos, germinaron en el ensayo de germinación no quedando individuos para ésta instancia de evaluación, por lo que no hubo cariopsis correspondientes a dicho tratamiento para este ensayo.

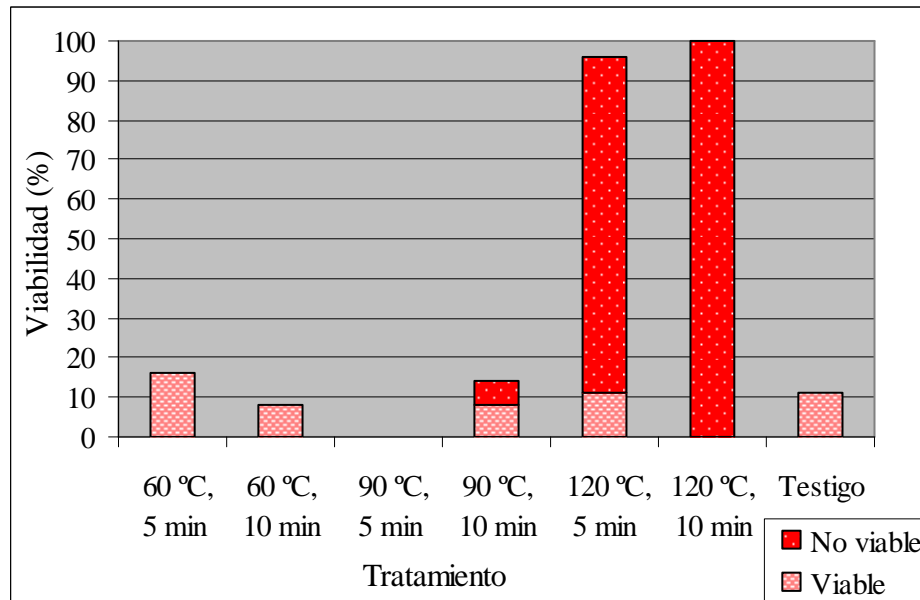


Fig. 3.37. Porcentaje de viabilidad por tetrazolio de semillas duras de *Eragrostis tenuifolia* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico

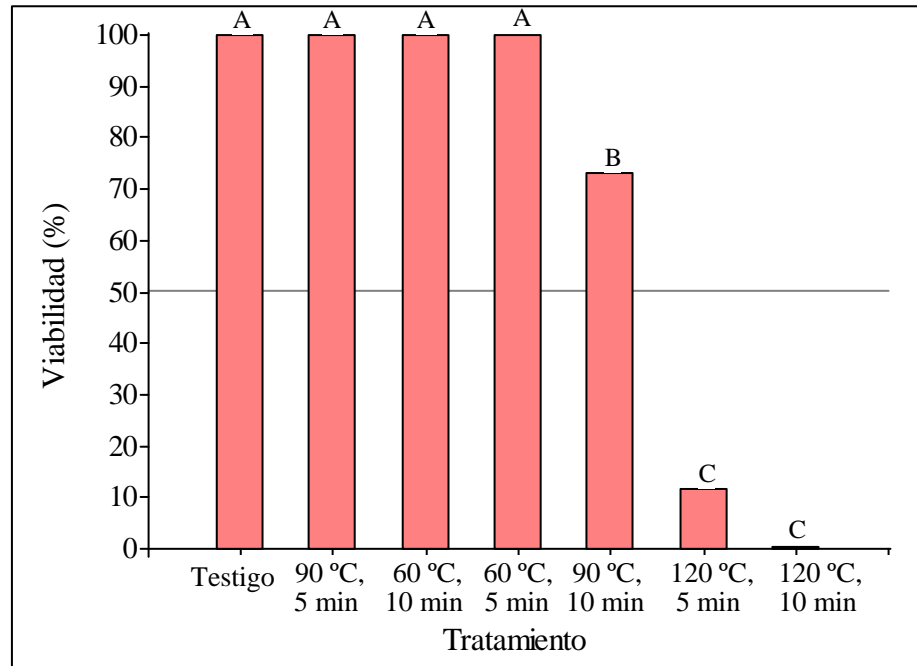


Fig. 3.38. Viabilidad elevada al 100 %, por tetrazolio, de semillas duras de *Eragrostis tenuifolia* no germinadas en los ensayos de germinación posteriores a los tratamientos de choque térmico. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

La Fig. 3.39 muestra cariopsis no viables y viables de *Eragrostis tenuifolia*, resultantes de la prueba de viabilidad.

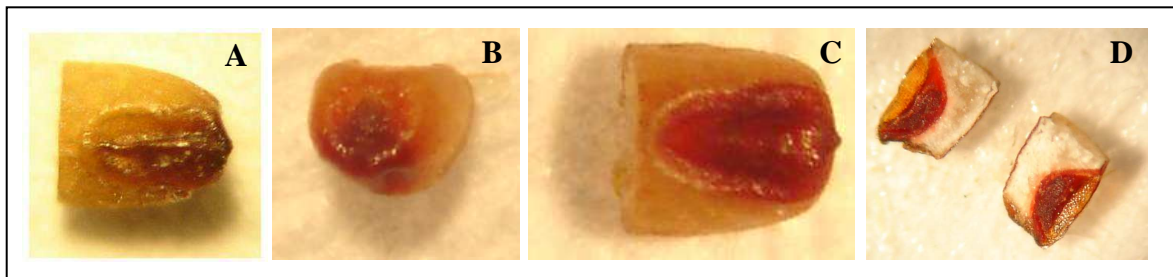


Fig. 3.39. Cariopsis de *Eragrostis tenuifolia*, con corte transversal para el ensayo de tetrazolio. **A**: Cariopsis no viable, vista escutelar; **B**: Cariopsis viable, vista hilar; **C**: Cariopsis viable, vista escutelar; **D**: Corte longitudinal de cariopsis viable

ANÁLISIS INTEGRADO DE RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE GERMINACIÓN Y DE VIABILIDAD POR TETRAZOLIO, POSTERIORES AL CHOQUE TÉRMICO

Galactia latisiliqua var. *latisiliqua*

Al sumar el porcentaje de semillas que germinaron en la prueba de germinación a las detectadas viables en la prueba con tetrazolio, se obtuvieron porcentajes de viabilidad total o capacidad germinativa superiores al 93 % para los tratamientos con choque térmico a 60 y 90 °C (Fig. 3.40). Williams *et al.* (2003) también han reportado altos porcentajes de viabilidad, próximos al 100 %, en semillas sin tratamiento de la especie australiana *Galactia tenuiflora*. Comparando este valor con el equivalente del testigo, que fue del 89 % (Fig. 3.40), se concluye que los choques térmicos de 60 y 90 °C, no afectaron negativamente a la viabilidad de las semillas de esta especie.

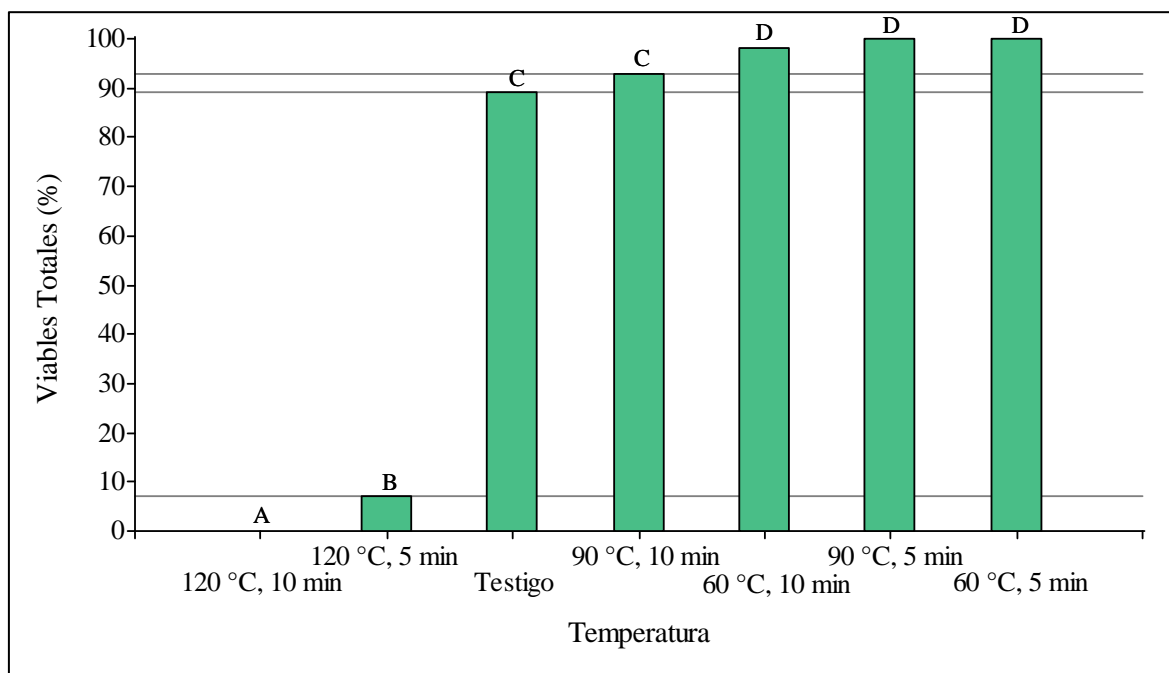


Fig. 3.40. Porcentaje de semillas viables totales de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

En los tratamientos con exposición de 5 minutos, tanto de 60 como de 90 °C (Fig. 3.41 A y C), no se observaron semillas muertas. En tanto, en los tratamientos de 60 y 90 °C durante 10 minutos, el porcentaje de muertas resultó de 2 y 7 % respectivamente (Fig. 3.41 B y D). Se podría suponer que en estas dos situaciones, la causa de muerte de las semillas podría estar relacionada con el efecto nocivo de las altas temperaturas a tiempos prolongados de exposición, sin embargo, en el testigo, el 11% de las semillas (Fig. 3.41 G y 3.42) resultaron en condición de muertas, encontrándose diferencias estadísticamente significativas con el tratamiento de 60 °C durante 10 minutos y de 60 y 90 °C con una duración de 5 minutos ($P < 0,05$). Estos resultados permitirían inferir que el fuego favorece a las semillas de esta especie transformando semillas que resultarían muertas, en germinadas o viables sin germinar.

En el tratamiento con choque térmico a 120 °C durante 10 minutos (Fig. 3.41 F), la totalidad de las semillas se hallaron muertas, ya sea con consistencia blanda y enmohecidas (85 %), o con embriones que perdieron viabilidad al ser expuestos a tan elevadas temperaturas y con tegumentos seminales intactos, por lo que en el ensayo de viabilidad resultaron no viables (15 %). Cuando la exposición a 120 °C fue de 5 minutos (Fig. 3.41 E y 3.40), tan solo el 7 % de las semillas conservaron su viabilidad ($P < 0,05$).

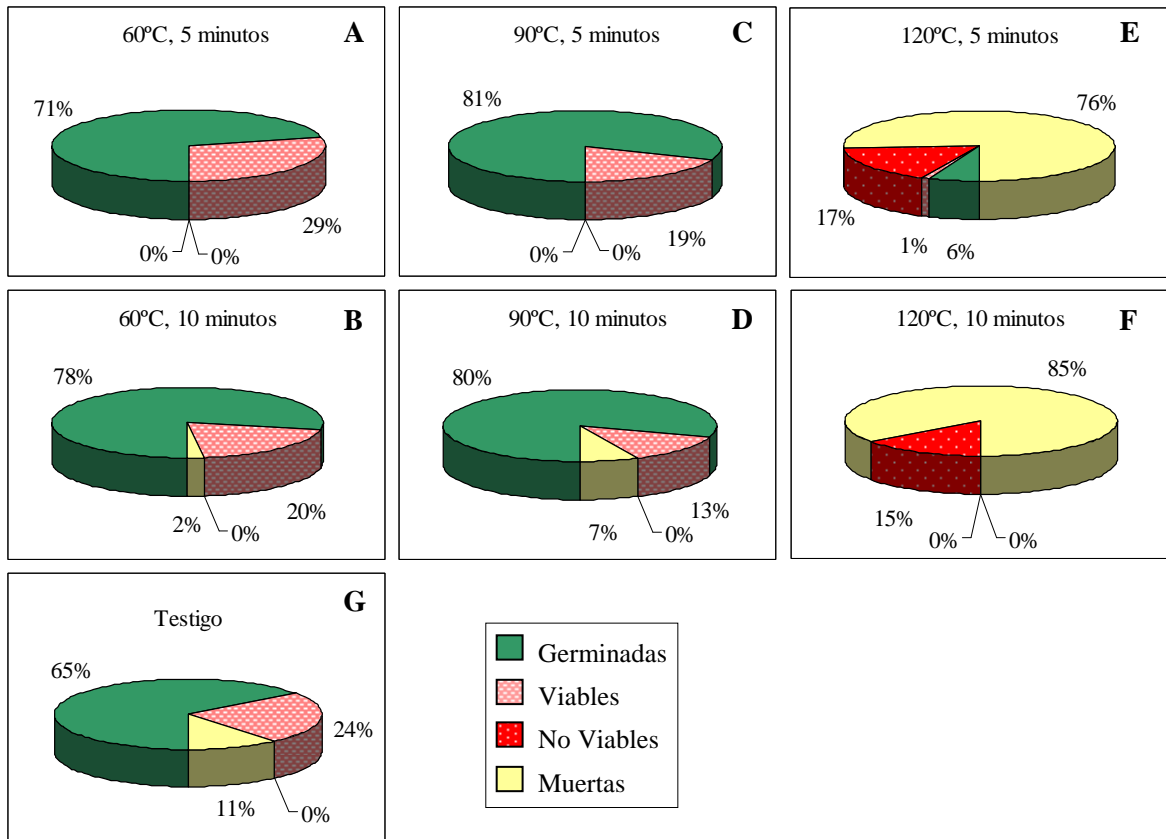


Fig. 3.41. Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, en función de los tratamientos realizados. **A**: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **B**: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **C**: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **D**: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **E**: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **F**: Tratamiento 120 °C, 10 minutos; **G**: Testigo

Observando la Fig. 3.40, se podría concluir que para *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, la capacidad germinativa se ve favorecida ($P < 0,05$) con los tratamientos térmicos de 60 °C, tanto de 5 como de 10 minutos, y de 90 °C pero en breves períodos de exposición.

Resultados similares obtuvieron García *et al.* (2010) en otra especie de Fabóideas e indicaron que después de un incendio forestal, la germinación de *Teline monspessulana* (L.) K. Koch aumentó significativamente, siendo el calentamiento de sus semillas el factor que provocó ese aumento, favoreciendo la permanencia de esta especie.

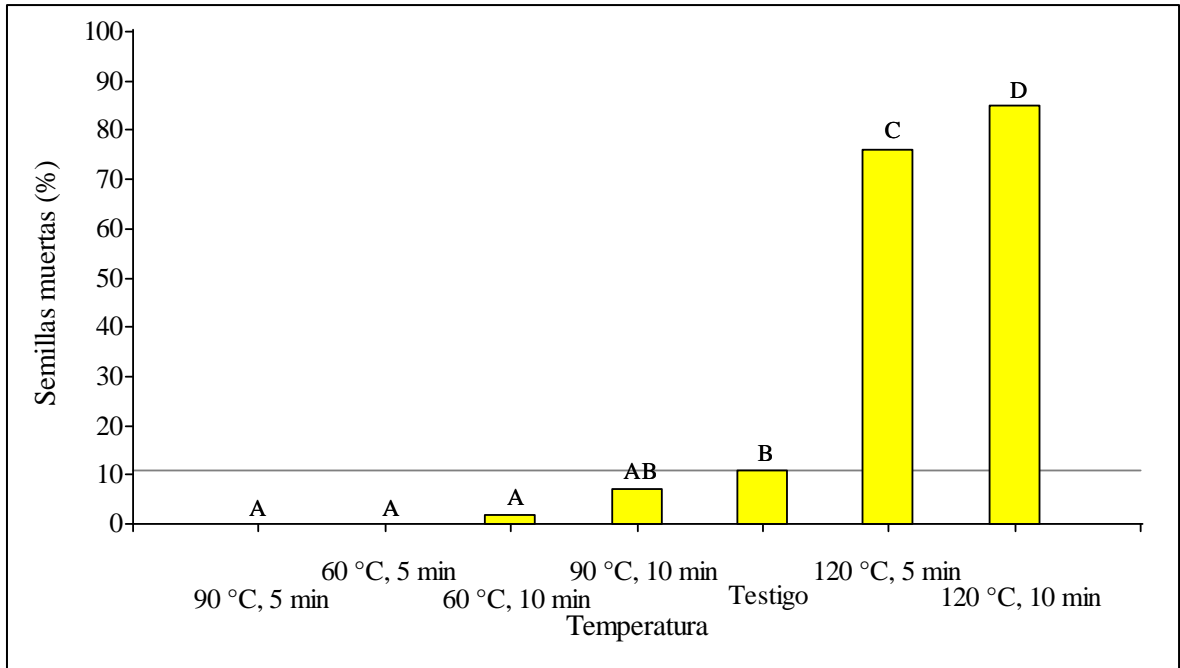


Fig. 3.42. Porcentaje de semillas muertas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, resultantes del ensayo de germinación. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Rhynchosia edulis

Los tratamientos con choque térmico de 60 °C durante 5 y 10 minutos, mostraron porcentajes de capacidad germinativa (semillas germinadas y semillas viables por tetrazolio) próximos al 80 %, valor similar al 78 % alcanzado por el testigo (Fig. 3.43). Esta capacidad expresada en porcentaje, se va reduciendo a medida que la temperatura y los tiempos de exposición a las mismas aumentan a 90 °C, hasta alcanzar un valor cero en las semillas sometidas a 120 °C durante 10 minutos (Fig. 3.44 F y 3.43). Sólo se encontraron diferencias significativas con el testigo en los tratamientos de 120 °C ($P < 0,05$).

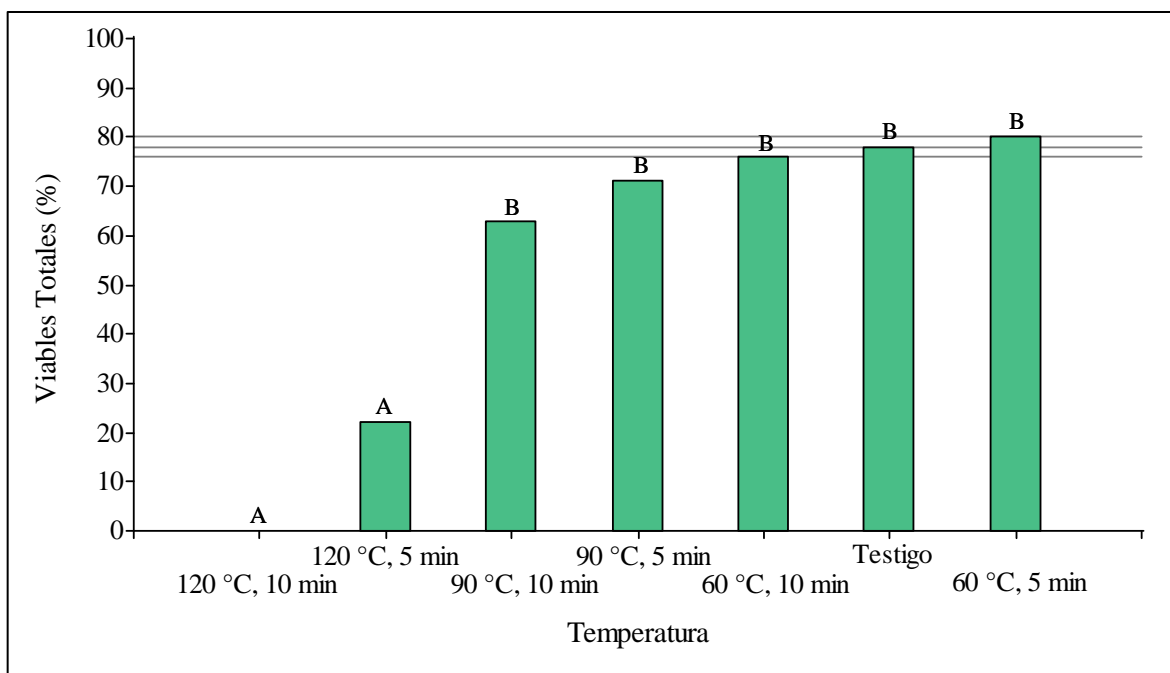


Fig. 3.43. Porcentaje de semillas viables totales de *Rhynchosia edulis*, resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Por otro lado, en el testigo se observó un porcentaje de semillas muertas del 18 % (Fig. 3.44 G), las que enmohecieron durante el ensayo. En la Fig. 3.45 se puede observar que este porcentaje se reduce a un 13-14 %, en los ensayos de semillas que recibieron choque térmico de 60 °C ($P > 0,05$), siguiendo luego una tendencia creciente, de un 20-30 % en las que fueron expuestas a 90 °C durante 5 y 10 minutos respectivamente ($P > 0,05$), hasta llegar a los valores máximos de 53 y 61 % entre las semillas expuestas a 120 °C durante 5 y 10 minutos respectivamente ($P < 0,05$). Dichas semillas mostraron sus cubiertas con una consistencia viscosa y con signos evidentes de descomposición, como deshacerse al ser tocadas y exudación de líquidos, tal como lo manifestaron Cruz Medina y Orozco-Almanza (2010) en semillas muertas de otras ocho especies de Fabáceas.

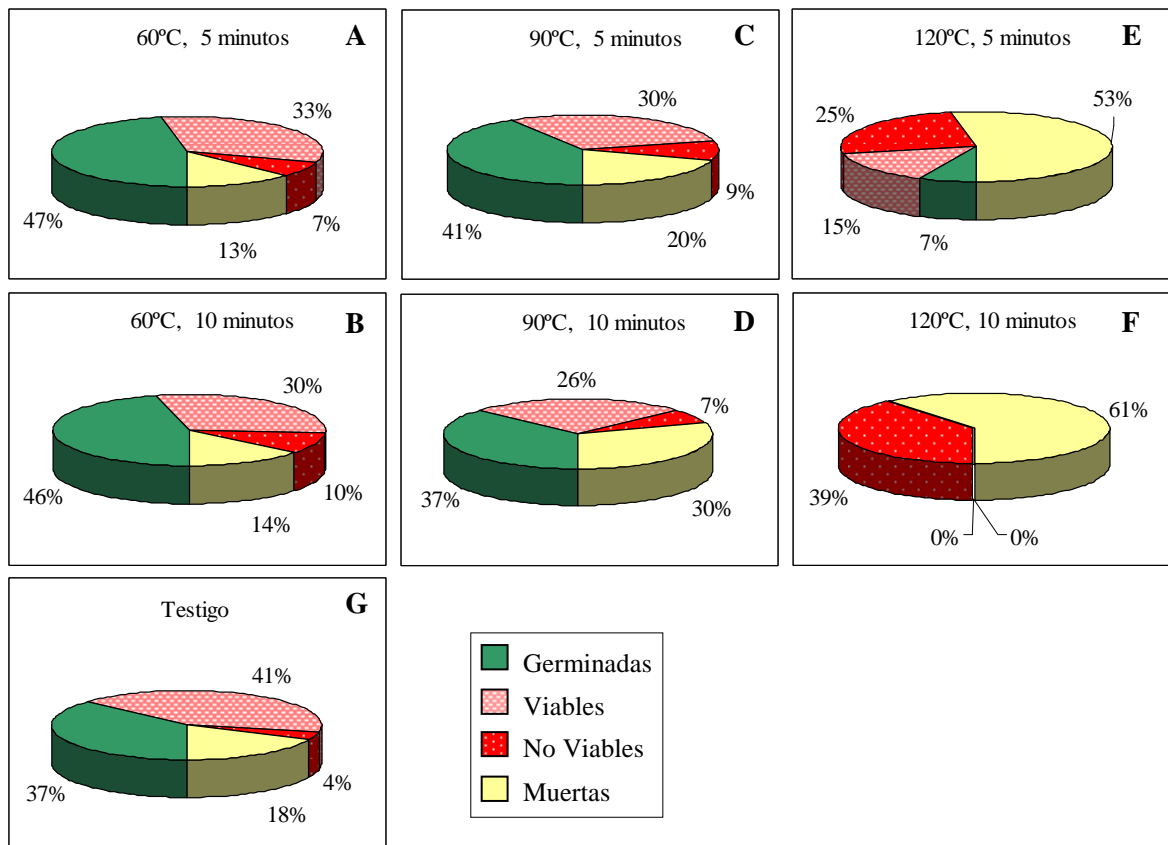


Fig. 3.44. Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de *Rhynchosia edulis*, en función de los tratamientos realizados. **A**: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **B**: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **C**: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **D**: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **E**: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **F**: Tratamiento 120 °C, 10 minutos; **G**: Testigo

De lo expuesto se podría inferir que el choque térmico a 60 °C, tanto de 5 como de 10 minutos, favorecería la germinación de las semillas reduciendo el porcentaje de semillas duras, sin embargo, no se encontraron diferencias significativas ($P > 0,05$) con el testigo (Fig. 3.45).

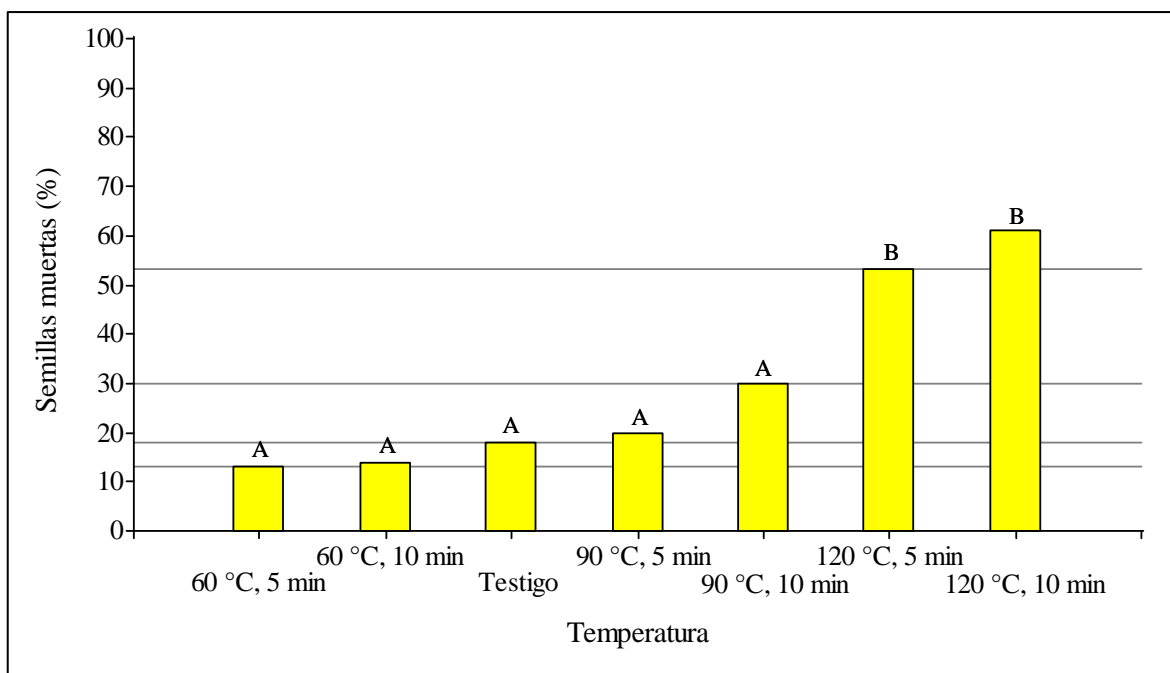


Fig. 3.45. Porcentaje de semillas muertas de *Rhynchosia edulis*, resultantes del ensayo de germinación. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Setaria lachnea

El tratamiento testigo mostró un 81 % de capacidad germinativa (Fig. 3.46); este valor no presentó diferencias estadísticamente significativas ($P > 0,05$) en los tratamientos con exposición a choque térmico de 60 y de 90 °C cuando el tiempo de exposición fue de 5 minutos.

Conjuntamente con el aumento del porcentaje de germinación a 60 °C durante 10 minutos (Fig. 3.47 B), se observa una disminución en el porcentaje de las cariopsis viables no germinadas y un aumento del porcentaje de las semillas no viables. En tanto, en el tratamiento de 90 °C durante 5 minutos (Fig. 3.47 C), en el que también se observa un estímulo de la germinación, el porcentaje de semillas no viables es semejante al observado en el testigo.

El tiempo de exposición de 10 minutos, en los tratamientos de choques térmicos de 60 y de 90 °C (Fig. 3.47 B y D), serían limitantes debido a que incrementan ($P < 0,05$) los porcentajes de semillas no viables (Fig. 3.35).

Por otro lado, la exposición de estas cariopsis a 120 °C resulta altamente perjudicial provocando una germinación nula y la pérdida total o casi total de viabilidad, encontrándose diferencias significativas ($P < 0,05$) con el resto de los tratamientos (Fig. 3.46).

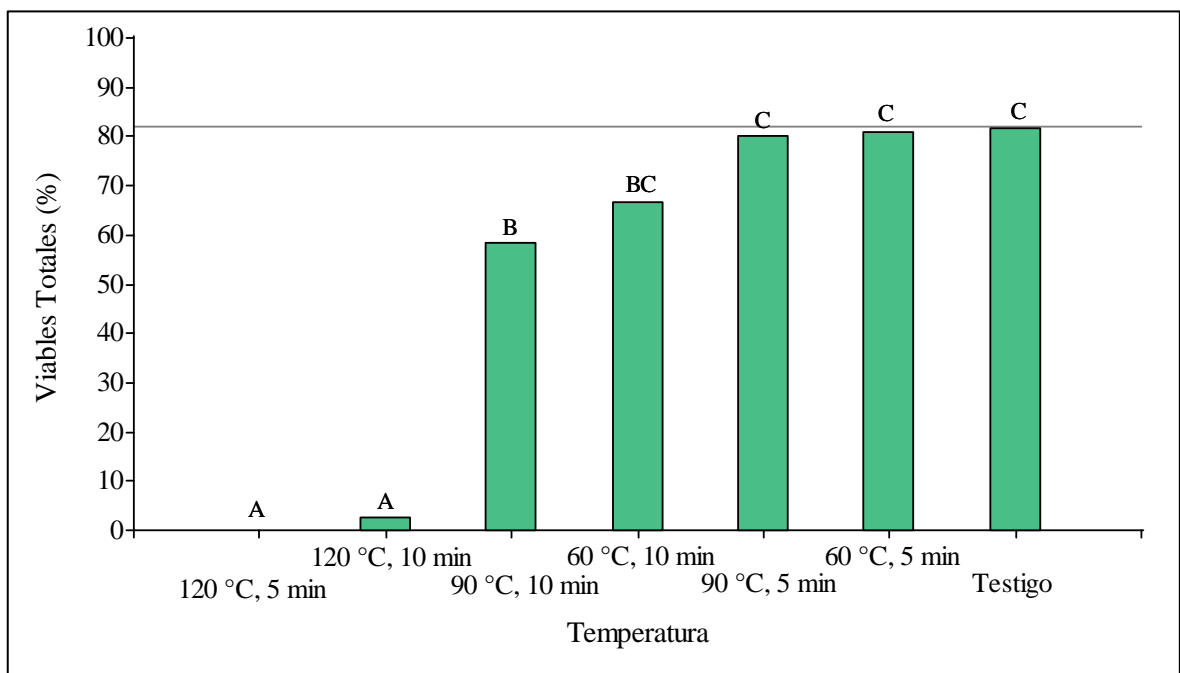


Fig. 3.46. Porcentaje de semillas viables totales de *Setaria lachnea*, resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

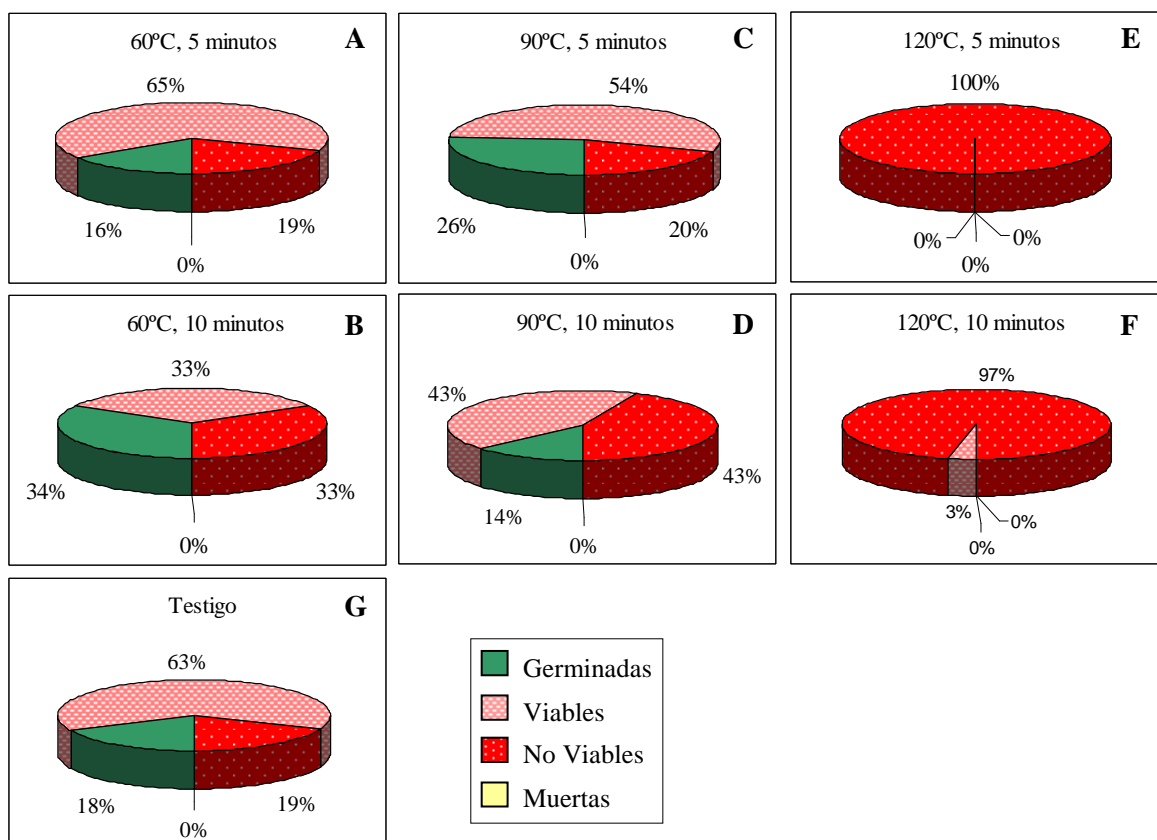


Fig. 3.47. Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de *Setaria lachnea* en función de los tratamientos realizados. **A:** Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **B:** Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **C:** Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **D:** Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **E:** Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **F:** Tratamiento 120 °C, 10 minutos; **G:** Testigo

Eragrostis tenuifolia

En la Fig. 3.48 se observa que la capacidad germinativa de las cariopsis de esta especie es del 100 % tanto en el testigo como en los tratamientos de 60 °C con 5 y 10 minutos de exposición y de 90 °C con 5 minutos de exposición. Cuando el tiempo de exposición a 90 °C se prolonga a 10 minutos aparece un pequeño porcentaje (6 %) de semillas no viables. No se registraron diferencias significativas entre estos tratamientos ($P > 0,05$), pero sí con los tratamientos de choques térmicos de 120 °C, tanto de 5 como de 10 minutos de exposición ($P < 0,05$), con un 100 % de semillas no viables evidenciando el efecto negativo de estas temperaturas sobre la viabilidad de las cariopsis.

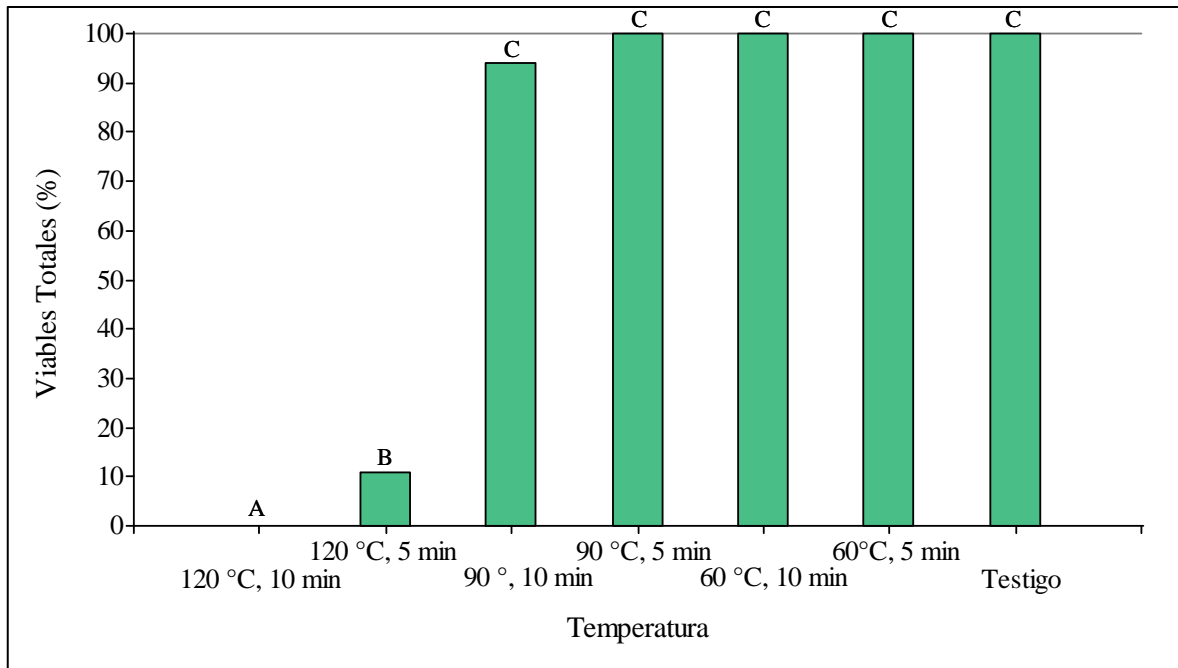


Fig. 3.48. Porcentaje de semillas viables totales de *Eragrostis tenuifolia*, resultantes de los ensayos de germinación y viabilidad por tetrazolio. Cada valor representa la media de cuatro repeticiones. Valores medios con letras iguales no difieren significativamente ($p < 0,05$)

Si bien las cariopsis mostraron un 100 % de viabilidad total bajo los efectos de 60 y 90 °C, este último durante 5 minutos de exposición (Fig. 3.49 A, B y C), la germinación de las mismas se vio favorecida, hasta alcanzar un 100 %, cuando recibieron un choque térmico de 90 °C durante 5 minutos; sólo en este caso se registraron diferencias significativas ($P < 0,05$) con los otros tratamientos (Fig. 3.27). Esto permitiría suponer que hay presencia de inhibidores que se verían afectados al ser expuestos a estas temperaturas.

En el tratamiento con exposición a choque térmico de 60 °C durante 5 minutos (Fig. 3.49 A), se observó un leve incremento en el porcentaje de semillas viables no germinadas. Esto puede explicarse con lo expresado por Barceló Coll *et al.* (2007) quienes indican que una interferencia en la toma de oxígeno asociada con temperaturas de 30 °C o superiores, puede inducir a muchas semillas no durmientes a un estado de dormición inducida o secundaria (termodormición), mientras se encuentran en la fase germinativa de imbibición.

En los tratamientos de las especies de Poáceas prácticamente no se observaron cariopsis muertas, esto podría deberse a una baja susceptibilidad al ataque de hongos.

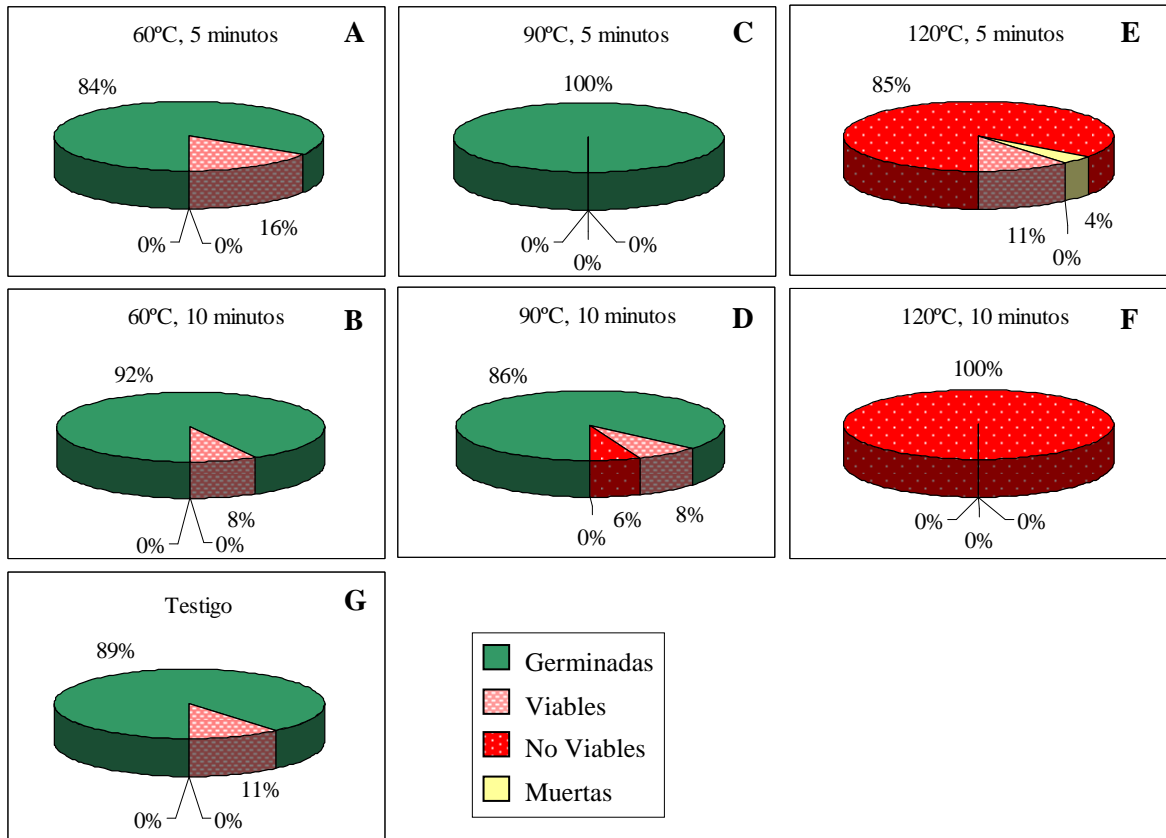


Fig. 3.49. Porcentajes de semillas germinadas, viables, no viables y muertas de *Eragrostis tenuifolia*, en función de los tratamientos realizados. **A**: Tratamiento 60 °C, 5 minutos; **B**: Tratamiento 60 °C, 10 minutos; **C**: Tratamiento 90 °C, 5 minutos; **D**: Tratamiento 90 °C, 10 minutos; **E**: Tratamiento 120 °C, 5 minutos; **F**: Tratamiento 120 °C, 10 minutos; **G**: Testigo

CONCLUSIONES

La descripción exomorfológica de las semillas contribuye a la caracterización e individualización del material de estudio de este trabajo.

Las semillas de las dos especies de Fabáceas estudiadas son moteadas y poseen dimensiones entre 2 a 5 mm, siendo algo mayores las de *Rhynchosia edulis*, las cuales son subreniformes y con PMS de 26,805 g, mientras que *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* posee semillas ovoides, compresas y el PMS es de 14,469 g.

En ambas especies la presencia de latencia por tegumentos duros impermeables al agua y a los gases debe ser eliminada por factores ambientales naturales o por tratamientos inducidos en laboratorio, para obtener éxito en la germinación de las semillas.

La escarificación por pinchado, lijado o ácido sulfúrico, resultan excelentes métodos para lograr los máximos porcentajes de germinación en semillas de *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis*, siendo menor la germinación (80 %) de *R. edulis* en semillas lijadas. Las semillas infestadas por Brúquidos sólo logran germinar en *R. edulis*, alcanzando el máximo porcentaje.

Setaria lachnea presenta semillas vestidas mientras que en *Eragrostis tenuifolia* son desnudas. El tamaño relativo del embrión respecto al largo del fruto, ocupa al menos la mitad del mismo en ambas especies. Las semillas de *Setaria lachnea* son de color pajizo u oliváceo, elipsoides, con PMS de 1,044 g. *Eragrostis tenuifolia*, posee semillas castaño-claras, oblongas, rectangulares en sección transversal, con superficie gelatinosa más o menos reticulada con pequeñísimas depresiones irregulares; el PMS es de 0,225 g. Las semillas de ambas especies poseen dimensiones que varían entre 0,5 y 1,3 mm de longitud, siendo algo menores las de *Eragrostis tenuifolia*.

Los tratamientos con nitrato de potasio (KNO_3) y preenfriado no resultan eficientes para *Setaria lachnea* pero sí para *Eragrostis tenuifolia*. La remoción de glumelas en cariopsis de *S. lachnea* permiten lograr un 30 % mayor de germinación respecto del testigo, lo cual puede deberse a que la lemma y la pálea constituirían una barrera física al pasaje de oxígeno o agua, o bien, a una dormición impuesta por la presencia de inhibidores en esas coberturas.

Las altas temperaturas a las que son sometidas las semillas de estas especies de Fabáceas y Poáceas forrajeras espontáneas de las Sierras Chicas de Córdoba durante el choque térmico, afectan la viabilidad de las mismas de manera diferente.

Los resultados de las investigaciones realizadas en esta tesis evidencian las diferencias en las respuestas a los efectos de los choques térmicos, entre semillas de las familias Poáceas y Fabáceas y entre las especies dentro de una misma familia.

Si bien las especies evaluadas muestran un comportamiento particular al calentamiento de sus semillas a 60 y 90 °C, las cuatro son seriamente afectadas disminuyendo notablemente los porcentajes de germinación a valores de cero o próximos, cuando las semillas son sometidas a choques térmicos de 120 °C. De estos resultados se podría generalizar que temperaturas como esta última o mayores, como las que se registran en incendios severos en las capas superficiales del suelo, eliminarían la posibilidad de que estas especies se regeneren a partir de sus semillas. Por el contrario, durante los incendios superficiales como los que destruyen principalmente a la canopia de la vegetación, existe la posibilidad de que las temperaturas que alcanzan las capas de suelo de los primeros cinco centímetros, podrían constituirse en un factor estímulo para la germinación de estas especies.

Para *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua* y *Rhynchosia edulis* el choque térmico provoca el rompimiento de la dormición impuesta por sus tegumentos, favoreciendo la germinación.

Los choques térmicos entre 60 y 90 °C resultan comparativamente más beneficiosos para las semillas de *Galactia* que para las de *Rhynchosia*. *Galactia latisiliqua*

var. *latisiliqua* posee semillas con un alto porcentaje de viabilidad total (89 %) y logra superar en un 15-16 % el porcentaje de germinación de las semillas sin tratamiento (65 %), mediante la aplicación de choques térmicos de 90 °C. *Rhynchosia edulis*, con porcentajes de viabilidad total más bajos (78 %) que la especie anterior, alcanza porcentajes de germinación un 9-10 % mayor que el testigo (37 %) bajo los choques térmicos de 60 °C. Si bien estos tratamientos de choque térmico incrementan el porcentaje de germinación respecto del testigo, resultan menos eficientes que los tratamientos con ácido sulfúrico, lijado, pinchado y semillas infestadas, en este último caso sólo para *R. edulis*.

El éxito de estas especies de Fabáceas tras un incendio, podría atribuirse, en parte, a la dormición presente en sus semillas, las que pueden persistir en el suelo por largos períodos de tiempo y recolonizar luego de los efectos de las temperaturas a las que son expuestas durante incendios moderados.

En *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia* el choque térmico también actúa como un factor que estimula la germinación, superando los porcentajes de germinación obtenidos con las cariopsis sin tratamiento térmico.

Setaria lachnea presenta una viabilidad total alrededor del 80 % tanto en el testigo como en los tratamientos de 60 y 90 °C durante 5 minutos, sin embargo, el mayor porcentaje de germinación (34 %) se logra con choque térmico de 60 °C durante 10 minutos. Paralelamente, sus cariopsis evidencian una pérdida de viabilidad que va incrementando conforme al aumento de la temperatura. La variabilidad existente en *Setaria lachnea* en cuanto a su capacidad de formar espiguillas con cariopsis, junto a su respuesta a temperaturas moderadas durante un incendio, resulta alentadora a la hora de seleccionar materiales para incluir en futuros planes de mejoramiento de la especie. Además, su preferencia por colonizar campos naturales o cultivados, bosques y laderas pedregosas de cerros, en un amplio rango de tipos de suelos, la muestran capaz de persistir e incluso de avanzar en áreas afectadas por incendios.

Los tratamientos de 60 °C durante 10 minutos y 90 °C durante 5 minutos resultaron más eficientes para provocar un aumento en la germinación en semillas de *Setaria lachnea* que el tratamiento con nitrato de potasio. El mayor porcentaje de germinación logrado con

semillas de esta especie corresponde a las semillas que se les removieron las glumelas, sin embargo, en la naturaleza los choques térmicos provocados por los incendios actúan sobre semillas vestidas.

Eragrostis tenuifolia demuestra una alta viabilidad total (80-100 %) en los tratamientos con choque térmico de 60 y de 90 °C, como también en el testigo. La alta germinación de esta especie en circunstancias normales y de incendios no severos facilitaría su establecimiento, representando una competidora importante sobre otros pastos nativos.

Con el tratamiento de 90 °C durante 5 minutos se logra el máximo porcentaje de germinación en semillas de *Eragrostis tenuifolia*, al igual que los tratamientos con nitrato de potasio y preenfriado.

En general, los tratamientos con choques térmicos no son eficientes para romper la dormición de semillas de *Rhynchosia edulis* y de *Setaria lachnea*, dado que ninguno de ellos logra superar el 50 % de semillas germinadas, resultado de gran importancia para evaluar la capacidad regenerativa de las mismas en situaciones post-incendio.

Los resultados de este trabajo contribuyen a una mayor comprensión del efecto de un factor abiótico como es el fuego, sobre la viabilidad de las semillas, constituyendo un aporte de interés para la regeneración vegetal en sitios disturbados por incendios, no sólo de la zona evaluada sino también de aquéllas en las que crecen *Galactia latisiliqua* var. *latisiliqua*, *Rhynchosia edulis*, *Setaria lachnea* y *Eragrostis tenuifolia*, recursos forrajeros espontáneos que se resiembran naturalmente por semillas. Permiten predecir muy buenas oportunidades de persistencia para las cuatro especies, en los ecosistemas serranos de Córdoba cuando son afectados por incendios moderados y superficiales.

El presente estudio constituye el primer aporte al conocimiento sobre el comportamiento de estas especies de interés forrajero y será de utilidad para la elaboración de modelos predictivos-productivos en campos incendiados de las Sierras Chicas de Córdoba.

FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Se destaca la necesidad de complementar estas experiencias con ensayos en los que se evalúen los efectos de otros factores a los que se ven expuestas las semillas de los bancos del suelo en circunstancias de incendios. Entre ellos, los efectos a los compuestos del humo solubles en agua y a los altos niveles de nitratos encontrados en los suelos luego que la vegetación se quema.

El período de tiempo que estas semillas permanecen viables en el banco de semillas del suelo, es otro factor a tener en cuenta cuando se hacen evaluaciones sobre la potencialidad regenerativa de los mismos. La mayoría de los pastos producen un banco transitorio de semillas, en tanto las Fabáceas, suelen producir semillas duras que forman parte del banco de semillas permanente, pudiendo permanecer viables hasta aproximadamente 10 años según las especies.

Las investigaciones actuales ponen énfasis en la interacción de las múltiples y secuenciales causas que intervienen sobre las semillas en circunstancias de incendios, tratando de revelar aspectos sobre la dormición y los mecanismos de germinación de las especies con miras a su conservación en los ecosistemas susceptibles a estos fenómenos.

Por lo antes expresado se considera necesario continuar, complementar y ampliar estas evaluaciones con otras líneas de investigación. A saber:

- Complementar los ensayos de viabilidad de semillas afectadas por choque térmico, con estudios anatómicos empleando la tecnología de microscopía electrónica de barrido.
- Detectar y analizar proteínas de choque térmico en semillas de cada especie y el efecto que producen las altas temperaturas sobre éstas.
- Realizar estudios sobre la interacción con otros factores, como el efecto del humo y sus derivados, en la capacidad para germinar y en la viabilidad de las semillas.
- Determinar la máxima profundidad de las semillas para la emergencia de las plántulas.

- Evaluar aspectos de la biología reproductiva y de la multiplicación de estas especies en ambientes afectados y no afectados por el fuego.
- Desarrollar programas para el manejo sustentable de estos promisorios recursos forrajeros.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ahring R. M., Eastin J. D. and Garrison C. S. 1975. Seed appendages and germination of two Asiatic Bluestems. *Agronomy Journal* 67(3): 321-325.
- Anderson D. L. 1984. El fuego como elemento de manejo del pastizal natural. *Informativo Rural de la EEA INTA San Luis* 20: 3-4.
- AOSA. 2000. Association of Official Seed Analysts. Tetrazolium Testing Handbook. Contribution N° 29 to the Handbook on Seed Testing. Ed. Peters J., USA, 303 pp.
- Atala D. F., Baudo F., Garré S., Miatello R., Juárez G. y Fernández F. 2005. Informe de inspección y evaluación económica del incendio de Villa Carlos Paz. Agencia Córdoba Ambiente S.E. Córdoba, Argentina, 31 pp.
- Barceló Coll J., Rodrigo G. N., Sabater García B. y Sánchez Tamés R. 2007. Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide. Madrid, España, 566 pp.
- Barchuk A. H. and Díaz M. P. 1999. Regeneration and structure of *Aspidosperma quebracho-blanco* Schl. in the Arid Chaco (Córdoba, Argentina). *Forest Ecology and Management* 118: 31-36.
- Barrionuevo V., Fuentes E. y Planchuelo A. M. 2006. Asteráceas silvestres de las sierras de Córdoba promisorias como ornamentales. 3° Congreso Argentino de Floricultura y 8° Jornadas Nacionales de Floricultura, La Plata, Argentina, pp. 325-328.
- Baskin J. M. and Baskin C. C. 1989. Physiology of dormancy and germination in relation to seed bank ecology. En: Ecology of soil seed banks. Leck M. A., Parker V. T. and Simpson R. L. San Diego, California, pp. 53-65.
- Baskin J. M. and Baskin C. C. 2004. A classification system for seed dormancy. *Seed Science Research* 14: 1-16.
- Bewley J. D. and Black M. 1994. Seeds, physiology of development and germination. Plenum Press, New York, 445 pp.
- Beyra M. A., Herrera O. P., Reyes A. G. y Hernández V. L. 2005. Revisión taxonómica del género *Galactia* P. Br. (Leguminosae - Papilionoideae) en Cuba. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 29 (113): 467- 494.

- Bolin J. F. 2009. Heat shock germination responses of three eastern North American temperate species. *Castanea* 74 (2): 160-167.
- Borrajo C. I. 2006. Importancia de la calidad de semillas. Curso internacional en ganadería bovina subtropical, Sitio Argentino de Producción Animal, Reconquista, Santa Fe, Argentina, pp. 1-8.
- Borrajo C. y Pizzio R. 2006. Manual de producción y utilización de *Setaria*. Publicado en internet, disponible en <http://www.inta.gov.ar/mercedes/info/Publicaci%C3%B3n/setaria/Manual%20de%20Setaria.pdf>. Activo marzo 2011.
- Bradstock R. A. and Auld T. D. 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.
- Bregaglio M. N., Karlin U. y Coirini R. 1999. Respuestas de especies arbustivas forrajeras a tratamientos de desmonte selectivo en el Chaco Árido, Argentina. *Multequina* 8: 101-109.
- Bregaglio M. N., Cora A. y Coirini R. 2003. Calidad nutricional de especies arbustivas del Chaco Árido de Córdoba. 2º Congreso de la Asociación Argentina para el manejo de pastizales naturales, área temática I: ecología de pastizales naturales y montes naturales, San Cristóbal, Santa Fe, Argentina, p. 38.
- Buhk C. and Hensen I. 2006. "Fire seeders" during early post-fire succession and their quantitative importance in south-eastern Spain. *Journal of Arid Environments* 66 (2): 193-209.
- Burkart A. E. 1952. Las Leguminosas argentinas, silvestres y cultivadas. ACME Agency, Buenos Aires, Argentina, 569 pp.
- Burkart A. E. 1971. El género *Galactia* (Legum.-Phaseoleae) en Sudamérica con especial referencia en la Argentina y países vecinos. *Darwiniana* 16 (3-4): 663-796.
- Burkart A. 1987. Leguminosae. En: Flora Ilustrada de Entre Ríos, Colección Científica del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Troncoso N. S. y Bacigalupo N. M., Buenos Aires, 6 (3): 442-738.
- Cabido M. R. y Zak M. R. 1999. Vegetación del Norte de Córdoba. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables de la provincia de Córdoba y Agencia Córdoba Ambiente, Córdoba, 56 pp.
- Cabrera A. 2002. Comportamiento germinativo de moha perenne en poblaciones procedentes de tres gradientes altitudinales. Publicado en internet, disponible en http://www.universia.com.ar/contenidos/investigacion/unl/TECNOLOGIA/p_agropecuaria. Activo marzo 2010.

- Camacho Morfin F. 1994. Semillas forestales. Instituto Nacional de Investigaciones forestales y agropecuarias, división forestal, Coyoacan, México, 137 pp.
- Caponio I. y Pensiero J. F. 2002. Comportamiento citológico y reproductivo de *Setaria pflanzii* (Poaceae). *Darwiniana* 40 (1-4): 17-23.
- Cardenas C. de los A., Posada Vergara C. y Vargas O. 2002. Banco de semillas germinable de una comunidad vegetal de páramo húmedo sometida a quema y pastoreo (Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia). *Ecotropicos* 15 (1): 51-60.
- Carrillo Saucedo S. M., Arredondo Moreno T., Huber-Sannwald E. y Flores Rivas J. 2009. Comparación en la germinación de semillas y crecimiento de plántulas entre gramíneas nativas y exóticas del pastizal semiárido. *Técnica Pecuaria en México* 47 (3): 299-312.
- Casal M., Prado S., Reyes O. y Rivas M. 2001. Efectos del fuego sobre la germinación de varias especies leguminosas arbustivas. III Congreso Forestal Español, Granada, España, Tomo 3CFE04-076-T4, pp. 475-481.
- Casini C. 2006. Estrategia para reducir el riesgo de deterioro de la calidad de semilla de soja. Tercer Congreso de Soja del Mercosur, Rosario, Argentina, pp. 1-2.
- Castillo R. y Guenni O. 2001. Latencia en semillas de *Stylosanthes hamata* (Leguminosae) y su relación con la morfología de la cubierta seminal. *Revista de Biología Tropical* 49 (1): 287-299.
- Ciotti E. M., Tomei C. E. y Castelán M. E. 1999. Fenología floral y producción de semillas de *Setaria anceps* var. *sericea* cv. *nandi*. Publicado en internet, disponible en <http://payfo.ihatuey.cu/Revista/v22n4/pdf/pyf03499.pdf>. Activo abril 2011.
- Clarke S. and French K. 2005. Germination response to heat and smoke of 22 Poaceae species from grassy woodlands. *Australian Journal of Botany* 53 (5): 445-454.
- Clayton W. D., Phillips S. M. and Renvoize S. A. 1974. *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. (family Poaceae). *Flora of tropical East Africa* 2: 177.
- Clayton W. D., Harman K. T. and Williamson H. 2006. GrassBase – The online world grass flora. Publicado en internet, disponible en <http://www.kew.org/data/grasses-db.html>. Activo enero 2011.
- Cope T. 1999. *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. ex Steud. Flora Zambesiaca. Publicado en internet, disponible en <http://apps.kew.org/efloras/namedetail.do?qry=namelist&flora=fz&taxon=8129&nameid=20842> . Activo agosto 2010.
- Covas G. 1978. Forrajeras indígenas. Especies que requieren un plan de conservación de germoplasma. *Ciencia e Investigación* 34: 209-213.
- Covas G. y Frecentese M. 1983. *Setaria leiantha* Hackel, un pasto nativo para integrar pasturas perennes en la región semiárida. *Agrarius* 1: 16-17.

- CPC. 2010. Center for Plant Conservation, plant profile. Missouri Botanical Garden. Publicado en internet, disponible en http://www.centerforplantconservation.org/collection/cpc_viewprofile.asp?CPCNum=1973. Activo Julio 2012.
- Craviotto R. M. y Arango Perearnau M. R. 2007. Simiente de soja: nuevos patrones en gestión de calidad por tetrazolio. *Análisis de Semillas* 1 (2): 96-99.
- Cruz Medina J. y Orozco-Almanza M. S. 2010. Germinación de ocho especies de la familia Fabaceae, bajo diferentes regímenes de temperatura. VII Simposio internacional sobre la flora silvestre en zonas áridas, Zaragoza, Méjico, pp. 197-214.
- De Gea G. 2007. Zonas de producción y razas. En: El ganado lanar en la Argentina. Ed. Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba, Argentina, 280 pp.
- de la Peña M. R. y Pensiero J. F. 2004. Plantas Argentinas. Catálogo de nombres comunes. L.O.L.A. Buenos Aires, Argentina, 373 pp.
- Díaz R. O. 2003. Efectos de diferentes niveles de cobertura arbórea sobre la producción acumulada, digestibilidad y composición botánica del pastizal natural del Chaco Árido (Argentina). *Agriscientia* 20: 61-68.
- Díaz R. O. 2009. Utilización de pastizales naturales. Ed. Brujas, Córdoba, Argentina, 456 pp.
- Díaz E. R. 2011. Identificación del "hueco de agua" y su relación con la latencia física en semillas del género *Lupinus* spp. de Jalisco, México. Publicado en internet, disponible en www.ipicyt.edu.mx/actividades_resumen.php?evento=1951. Activo julio 2012.
- Díaz Vizcaíno E. A. e Iglesia Rodríguez A. 2005. Efecto del fuego (temperatura y humo) sobre la germinación de Ericáceas características de brezales del NW de la península Ibérica. IV Congreso Forestal Español, Zaragoza, España, Tomo 4CFE05-146-T1, p. 193.
- Dixon K. W., Roche S. and Pate J. S. 1995. The promotive effect of smoke derived from burnt native vegetation on seed germination of Western Australian plants. *Oecología* 101 (2): 185-192.
- Ernst W. H. O., Kuiters A. T. and Tolsma D. J. 1991. Dormancy of annual and perennial grasses from a savanna of southeastern Botswana. *Acta Oecológica* 12: 727-739.
- Everson K. 2001. The passage of fire. Australian plants online. Publicado en internet, disponible en <http://anpsa.org.au/APOL24/dec01-5.html>. Activo febrero 2011.
- Exner E., Zabala J. M. y Pensiero J. F. 2005. Comportamiento germinativo en *Setaria lachnea* (Nees) Kunth. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 40 (S): 199.
- Exner E., Zabala J. M. y Pensiero J. F. 2010. Variación en la fenología de la floración y en el éxito reproductivo en *Setaria lachnea*. *Agrociencia* 44: 779-789.

- Fenner M. 1985. Seed ecology. Chapman and Hall, New York, USA, 151 pp.
- Fernández Mayer A. 2010. ¿Cómo alimentaremos al ganado en la próxima década? Publicado en internet, disponible en <http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/anibal/nompublic.htm>. Activo marzo 2011.
- Ferri R., Ceballos M., Vischi N., Heredia E. y Oggero A. 2009. Banco de semillas de un relicto de Espinal (Córdoba, Argentina). *Iheringia* 64 (1): 93-100.
- Fortunato R. H. 1983. Sinopsis de las especies argentinas del género *Rhynchosia*. *Parodiana* 2 (1): 25-45.
- Frascaroli M. 2008. Tragedia irreparable de flora y fauna autóctona por incendios incontrolables en las Sierras Chicas. Publicado en internet, disponible en <http://tierralibredigital.blogspot.com/2008/09/incendios-flora-fauna-sierras-cordoba.html>. Activo febrero 2011.
- Fuentes E., Carreras M. E., Martinat J. E., Jewsbury G. y Lovey R. J. 2009. Composición florística post-incendio en zonas serranas de Falda del Carmen (Córdoba, Argentina). I Jornadas Patagónicas de Biología, III Jornadas Estudiantiles de Ciencias Biológicas, Fac. Cs. Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Trelew, Chubut, Argentina, p. 58.
- Fuentes E., Carreras M. E., Martinat J. E., Jewsbury G., Loyola M. J. y Carbone L. 2010. Especies de valor forrajero en flora serrana posfuego de Córdoba – Argentina. X Congreso Latinoamericano de Botánica, “Conservación y uso sustentable de la flora nativa latinoamericana”, La Serena, Chile, p. 78.
- Fuentes E., Carreras M. E., Carbone L. M., Jewsbury G., Loyola M. J. y 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 (S): 192.
- Funes G., Basconcelo S., Díaz S. and Cabido M. 2003. Seed banks dynamics in tall-tussock grasslands along an altitudinal gradient. *Journal of Vegetation Science* 14 (2): 253-258.
- Galetto L., Aguilar R., Musicante M., Astegiano J., Ferreras A., Jausoro M., Torres C., Ashworth L. y Eynard C. 2007. Fragmentación de hábitat, riqueza de polinizadores, polinización y reproducción de plantas nativas en el Bosque Chaqueño de Córdoba, Argentina. *Ecología Austral* 17: 67-80.
- Gallart M., Verdú A. M. C. y Mas M. T. 2009. Duración de la latencia en semillas de *Digitaria sanguinalis* recién dispersadas y conservadas en condiciones de laboratorio. XII Congreso de la Sociedad Española de Malherbología, XIX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas y II Congreso Iberoamericano de la Ciencia de las Malezas, Lisboa, Portugal, pp. 191-194.

- 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, pp. 1-7.
- Galussi A. A. 2007. Cuestiones sobre semillas duras de leguminosas forrajeras. *Análisis de Semillas* 1: 40-43.
- García R. A., Pauchard A. y Peña E. 2007. Banco de semillas, regeneración y crecimiento de *Teline monspessulana* (L.) K. Koch después de un incendio forestal. *Gayana Botánica* 64 (2): 201-210.
- García R. A., Pauchard A., Cavieres L. A., Peña E. y 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.
- García Breijo F. J. 2003. Biología y botánica, parte III: el funcionamiento de las plantas, tema 16: latencia de yemas y semillas. Universidad Politécnica de Valencia. Publicado en internet, disponible en http://www.euita.upv.es/variados/biologia/Temas/tema_16.htm. Activo julio 2012.
- Ghebrehiwot H. M., Kulkarni M. G., Kirkman K. P. and Staden J. V. 2009. Smoke solutions and temperature influence the germination and seedling growth of South African Mesic grassland species. *Rangeland Ecology and Management* 62 (6): 572-578.
- Giavedoni J., Pensiero J. F., Schrauf G. E., Genero A. y Michelini D. 1996. Evaluación forrajera de poblaciones de *Setaria lachnea* (moha perenne). *Revista Argentina de Producción Animal* 16 (1): 197-198.
- Giorgis M. A., Cingolani A. M., Chiarini F., Chiapella J., Barboza G., Ariza Espinar L., Morero R., Gurvich D. E., Tecco P. A., Subils R. y Cabido M. 2011. Composición florística del Bosque Chaqueño Serrano de la provincia de Córdoba, Argentina. *Kurtziana* 36 (1): 9-43.
- González M. A., Planchuelo A. M., Fuentes E. y Ravelo A. C. 2006. Evaluación de la pérdida de biodiversidad florística en una zona piloto del Bosque Chaqueño argentino utilizando información satelital y terrestre. IX Congreso Latinoamericano de Botánica, Santo Domingo, República Dominicana, p. 4.
- Granström A. and Schimmel J. 1993. Heat effects on seeds and rhizomes of a selection of boreal forest plants and potencial reaction to fire. *Oecología* 94 (3): 307-313.
- Guaita M. S., Fernandez H. H. y Tiranti I. N. 1989. Calidad forrajera de *Setaria leiantha* en estado reproductivo. *Revista de la Universidad Nacional de Río Cuarto* 9 (2): 105-108.
- Guru M., Abebe G., Goetsch A., Hundessa F., Ebro A. and Shelima B. 2008. On-farm performance of Arsi-Bale goats in Ethiopia receiving different concentrate supplements. *Livestock Research for Rural Development* 20(12): 201. Publicado en

- internet, disponible en <http://www.lrrd.org/lrrd20/12/guru20201.htm>. Activo marzo 2011.
- Gwen J. H. 1993. Flora of New South Wales. Royal Botanic Gardens, Sydney, Australia, 775 pp.
- Haferkamp M. R. and Jordan G. L. 1977. The effect of selected presowing seed treatments on germination of Lehmann lovegrass seeds. *Journal of Range Management* 30 (2): 151-153.
- Haider Ali H., Tanveer A., Ather Nadeem M. and Naeem Asghar H. 2011. Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71 (3): 483-487.
- Halvorson W. L. and Guertin P. 2003a. *Eragrostis curvula* (Schrad.) Nees and *Eragrostis curvula* var. *conferta* Stapf. USGS Weeds in the West project: Status of Introduced Plants in Southern Arizona Parks. University of Arizona. Arizona, Estados Unidos, 36 pp.
- Halvorson W. L. and Guertin P. 2003b. *Eragrostis lehmanniana* Nees. USGS Weeds in the West project: Status of Introduced Plants in Southern Arizona Parks. University of Arizona. Arizona, Estados Unidos, 31 pp.
- Hanley M. E., Fenner M. and Ne`eman G. 2001. Pregermination heat shock and seedling growth of fire-following Fabaceae from four Mediterranean-climate regions. *Acta Oecologica* 22 (5-6): 315-320.
- Hanley M. E., Unna J. and Darvill B. 2003. Seed size and germination response: a relationship for fire-following plant species exposed to thermal shock. *Oecología* 134 (1): 18-22.
- Hardegree S. P. and Emmerich W. E. 1993. Germination response of hand-threshed lehman lovegrass seeds. *Journal of Range Management* 46 (3): 203-207.
- Haretche F. y Rodríguez C. 2006. Banco de semillas de un pastizal uruguayo bajo diferentes condiciones de pastoreo. *Ecología Austral* 16 (2): 105-113.
- Herranz J. M., Ferrandis P. and Martínez-Sánchez J. J. 1998. Influence of heat on seed germination of seven Mediterranean Leguminosae species. *Plant Ecology* 136 (1): 95-103.
- Hiers J. K. and Mitchell R. J. 2007. The influence of burning and light availability on N₂-fixation of native legumes in Longleaf Pine Woodlands. *The Journal of the Torrey Botanical Society* 134 (3): 398-409.
- InfoStat. 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat. FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- ISTA. 2003. International Seed Testing Association. Working Sheets on Tetrazolium Testing. Volume I, Agricultural Species. 1st ed. Bassersdorf, Switzerland.
- ISTA. 2010. International Seed Testing Association. International Rules for Seed Testing. 1st ed. Bassersdorf, Switzerland.
- Jung M-J., Veldkamp J. F. and Kuoh C-S. 2008. Notes on *Eragrostis* Wolf (Poaceae) for the Flora of Taiwan. *Taiwania* 53(1): 96-102. Publicado en internet, disponible en <http://tai2.ntu.edu.tw/taiwania/pdf/tai.2008.53.1.96.pdf>. Activo marzo 2011.
- Kelch D. 2012. *Setaria* genus. California Department of Food and Agriculture. Encicloweedia. Publicado en internet, disponible en <http://www.cdfa.ca.gov/plant/ipc/weedinfo/setaria.htm>. Activo marzo 2012.
- Kirkbride J. H. Jr, Gunn C. R. and Weitzman A. L. 2003. Fruits and seeds of genera in the subfamily Faboideae (Fabaceae). Technical Bulletin n° 1890. United States Department of Agriculture, Agricultural research service, Washington DC, United States, 1.212 pp.
- Kopta F. 1999. Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba. Fundación Ambiente, Cultura y Desarrollo – ACUDE, Córdoba, Argentina, 203 pp.
- Kraus T. and Basconsuelo S. 2009. Secondary root growth in *Rhynchosia edulis* Griseb. (Leguminosae): Origin of cambia and their products. *Flora Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 204 (9): 635-643.
- Kreitschitz A., Tadele Z. and Gola E. M. 2009. Slime cells on the surface of *Eragrostis* seeds maintain a level of moisture around the grain to enhance germination. *Seed Science Research* 19: 27-35.
- Kunst C. R., Bravo S. y Panigatti J. L. 2003. Fuego en los ecosistemas argentinos. Ed. INTA. Santiago de Estero, Argentina, 332 pp.
- Lloyd-Reilley J., Kadin E. and Maher S. D. 2002. *Rhynchosia minima* (L.) DC. Publicado en internet, disponible en <http://www.plant-materials.nrcs.usda.gov/pubs/stpmcfs4346.pdf>. Activo enero 2011.
- Madueño-Molina A., García-Paredes D., Martínez-Hernández J., Rubio-Torres C., Navarrete-Valencia A. y Bojórquez-Serrano J. 2006. Germinación de semillas de frijolillo, *Rhynchosia minima* (L.) DC., luego de someterla a tratamientos pregerminativos. *Bioagro* 18 (2): 101-105.
- Martinat J. E. y Fuentes E. 2010. Efecto del choque térmico en la germinación de semillas de *Eragrostis tenuifolia* (A. Rich.) Hochst. Ex Steud. (Poaceae). X Congreso Latinoamericano de Botánica, “Conservación y uso sustentable de la flora nativa latinoamericana”. La Serena, Chile, p. 79.

- Martinat J. E. y Fuentes E. 2011. Efectos del calor provocado por el fuego sobre la germinación y viabilidad de semillas de Fabaceae y Poaceae forrajeras de las Sierras Chicas (Córdoba, Argentina). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 46 (S): 40.
- Martinat J. E., Lovey R. J., Carreras M. E. y Fuentes, E. 2009a. Análisis del banco de semillas del suelo en zonas serranas (Falda del Carmen, Córdoba) afectadas por incendios I. Clave para la identificación de especies de Fabáceas. I Jornadas Patagónicas de Biología, III Jornadas Estudiantiles de Ciencias Biológicas, Fac. Cs. Naturales, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Trelew, Chubut, Argentina, p. 83.
- Martinat J. E., Lovey R. J., Rolando R. O. y Fuentes E. 2009b. Efecto del choque térmico en la germinación de semillas de *Rhynchosia edulis* Griseb. (Fabaceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 44 (S): 172-173.
- Martínez Carretero E. 1995. Los incendios forestales en la Argentina. *Multequina* 4: 105-114.
- Martínez P. 2007. Efectos del cambio climático sobre regeneración post-incendio. Simulación de los efectos del cambio climático sobre un jaralbrezal afectado por el fuego. Proyecto de investigación. Publicado en internet, disponible en www.cienciasambientales.com. UCLM. España. Activo marzo 2012.
- Martínez G. J., Planchuelo A. M., Fuentes E. and Ojeda M. 2006. A numeric index to establish conservation priorities for medicinal plants in Paravachasca Valley, Córdoba, Argentina. *Biodiversity and Conservation* 15 (8): 2457-2475.
- Martino A., Schrauf G. E. y Pensiero J. F. 1996. Efectos de pre-tratamientos sobre la germinación de una población de moha perenne. *Revista Argentina de Producción Animal* 16 (1): 197.
- Miranda G. 2003. Deforestación. Publicado en internet, disponible en <http://www.monografias.com/trabajos14/deforestacion/deforestacion.shtml#top>. Activo febrero 2011.
- Mohammed A. S. and Bekele T. 2010. Forage production and plant diversity in two managed rangelands in the Main Ethiopian Rift. *African Journal of Ecology* 48 (1): 13-20.
- Molinelli M. L., Planchuelo A. M., Perissé P. y Fuentes E. 2006. Estudios morfológicos y anatómicos de especies nativas de interés medicinal en el valle de Paravachasca, Córdoba, Argentina. IX Congreso Latinoamericano de Botánica, Santo Domingo, República Dominicana, pp. 232-233.
- Morris J. B. 2008. *Rhynchosia minima* (L.) DC. – regeneration, characterization and potential uses for natural products and flavonoids. Publicado en internet, disponible en http://www2.bioversityinternational.org/publications/pgnewsletter/article.asp?id_article=3&id_issue=153. Activo abril 2011.

- Morrone O. y Zuloaga F. O. 1995. Flora Fanerogámica Argentina. Fascículo 12, Poaceae, Tribu 18: Paniceae. Proflora, CONICET, Córdoba, 129 pp.
- Munsell Color Company. 2000. Munsell soil color charts. Revised washable edition. Ed. Gretamacbeth. New Winsor, US, 55 pp.
- Myers R. L. 2006. Convivir con el fuego - Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego. The Nature Conservancy. Iniciativa global para el Manejo del Fuego. Florida, U.S.A., 30 pp.
- Negritto M. A., Durán M. L., Scrivanti L. R. y Anton A. M. 2003. Flora Fanerogámica Argentina. Fascículo 86, Poaceae, Tribu 16: Eragrostideae. Proflora, CONICET, Córdoba, 64 pp.
- Nicora E. y Rúgolo de Agrasar Z. 1987. Los géneros de Gramíneas de América Austral. Ed. Hemisferio Sur. Argentina, Chile, Uruguay y áreas limítrofes de Bolivia, Paraguay y Brasil, 611 pp.
- Norris R. F. and Schoner C. A. 1980. Yellow foxtail (*Setaria lutescens*) biotype studies: Dormancy and germination. *Weed Science* 28: 159-163.
- Odgers B. M. and Rogers R. W. 1993. Contrasting diaspore and vegetation attributes of grasses from natural and disturbed habitats in an urban eucalypt forest reserve. *Australian Journal of Botany* 41 (6): 637-648.
- Okada T. 1985. Studies on green panic seed: VIII. Improvement of germination. *Journal of the Japan Society of Grassland Science* 31: 6-10.
- Olde P. 2001. Review of the promotive effects of smoke on seed dormancy. Australian plants online 24, disponible en <http://anpsa.org.au/APOL24/dec01-4.html>. Activo enero 2011.
- Otegui M. B., Pérez M. A. y Maia M. de S. 2005. Efecto de la temperatura y la luz en la germinación de semillas de *Paspalum guenoarum*. *Revista Brasileira de Sementes* 27 (1): 190-194.
- Parker V. T. and Kelly V. R. 1989. Seed banks in California Chaparral and others Mediterranean climate shrubland. En: Ecology of soil seed banks. Leck M. A., Parker V. T. and Simpson R. L. Academic Press, San Diego, California, United States, pp. 231-256.
- Paula S. and 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. 2010. Fuego y evolución en el Mediterráneo. *Investigación y Ciencia* 407: 56-63.

- Pensiero J. F. 1993. Notas sobre el género *Setaria* (Poaceae, Paniceae). *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 29 (1-2): 53-65.
- Pensiero J. F. 1999. Las especies sudamericanas del género *Setaria* (Poaceae, Paniceae). *Darwiniana* 37 (1-2): 37-151.
- Pensiero J. F., Marino G. D. y Schrauf G. E. 1995. Características productivas de *Setaria lachnea* (Nees) Kunth (Poaceae, Paniceae). *Revista de la Facultad de Agronomía-UBA* 15: 59-66.
- Pensiero J. F., Gutiérrez H. F. y Exner E. 2005. Sistema de polinización y su efecto sobre la producción y el peso de semillas de nueve especies sudamericanas del género *Setaria*. *Interciencia* 30 (8): 495-500.
- Pensiero J. F., Gutiérrez H. F., Exner E. y Zabala J. M. 2011. Variación en caracteres de interés agronómico en poblaciones de *Setaria lachnea* (Nees) Kunth. *Agrociencia* 45: 699-709.
- Peralta P. 2002. Producción de semillas en moha perenne. Publicado en internet, disponible en http://www.universia.com.ar/contenidos/investigacion/unl/C_APLICADAS/agropecuarias. Activo marzo 2010.
- Petruzzi H., Stritzler N., González H., Castro M. y Ruiz M. 2006. Efecto del nitrógeno y la fecha de cosecha sobre la producción y calidad de semilla de *Eragrostis superba*. Investigación en producción animal 2005. Región subhúmeda y semiárida pampeana. *Boletín de Divulgación Técnica* 90: 62-66. Publicado en internet, disponible en <http://www.inta.gov.ar/anguil/info/pdfs/boletines/bol90/cap7.pdf>. Activo febrero 2011.
- PIER. 2010. Pacific Island Ecosystems at Risk, US Forest Service Online. Publicado en internet, disponible en http://www.hear.org/pier/species/eragrostis_tenuifolia.htm. Activo febrero 2011.
- Polhill R. M. and Raven P. H. 1981. Advances in legume systematics. Part 1. Royal Botanic Gardens, Kew, England, 425 pp.
- Protección civil UNAM. 2006. Manual prevención y combate de incendios. Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 1-15.
- Quiroga E., Blanco L. y Oriente E. 2009. Evaluación de estrategias de rehabilitación de pastizales áridos. *Ecología Austral* 19: 107-117.
- Ravelo A. V. 2002. Relevamiento de la vegetación en relación a las características geomorfológicas del departamento Santa María (Córdoba) utilizando información satelital y terrestre. Tesina de Grado, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba, 42 pp.
- Reeder J.R. 1977. The germination flap in certain Gramineae. *Madrono* 24: 123-124.

- Rossi C. A., de León M., Pereyra A. M., Brunetti M., González G. L., Chagras Dib P. y Giudice C. 2002. Degradabilidad *in situ* de la proteína bruta del follaje en leñosas forrajeras de ramoneo. 25° Congreso Argentino de Producción Animal. *Revista Argentina de Producción Animal* 22 (1): 47-48.
- Ruiz M. de los A., Martínez O. y Golberg A. 2005. Osmorregulación y germinación de *Tetrachne dregei*, *Panicum coloratum* y *Eragrostis curvula*. *Boletín de divulgación técnica de la Estación Experimental Agropecuaria Anguil, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* 88: 39-41.
- Ruyle G. B., Roundy B. A. and Cox J. R. 1988. Effects of burning on germinability of Lehmann lovegrass. *Journal of Range Management* 41 (5): 404-406.
- SADSN. 2009. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Estadística de Incendios Forestales 2008. Publicado en internet, disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNEF/file/Incendios%202008/incend-2008-%20correg3/Documento%20completo.pdf>. Activo febrero 2011.
- SADSN. 2010. Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Estadística de Incendios Forestales 2009. Publicado en internet, disponible en <http://www.ambiente.gov.ar/archivos/web/PNEF/file/incendios%202009%20corregido/Documento%20completo.PDF>. Activo febrero 2011.
- Salgado C. J. 1997. Estudio de la influencia de los incendios forestales sobre la materia orgánica del suelo: un método calorimétrico. Publicado en internet, disponible en http://www.cibernetia.com/tesis_es/ciencias_de_la_tierra_y_del_espacio/meteorologia/prediccion_operacional_meteorologica/1. Activo septiembre 2009.
- Schrauf G. E., Martino A. y Pensiero J. F. 1996. Variación en la producción de semillas y germinación en una población de moha perenne. *Revista Argentina de Producción Animal* 16 (1): 198-199.
- Schrauf G. E., Martino A., Giavedoni J. y Pensiero J. F. 1998. Efectos genéticos y ambientales sobre el comportamiento germinativo de poblaciones de Moha perenne. *Ecología Austral* 8: 49-56.
- Shaukat S. S. and Burhan N. 2000. Fecundity, seed characteristics and factors regulating germination of *Rhynchosia minima* (L.) D.C. *Pakistan Journal of Botany* 32 (1): 211-226.
- Silcock R. G. 1971. Drying temperature and its effect on viability of *Setaria sphacelata* seed. *Tropical Grasslands* 5 (2): 75-80.
- Silcock R. G., Williams L. M. and Smith F. 1990. Quality and storage characteristics of the seeds of important native pasture species in South-West Queensland. *The Australian Rangeland Journal* 12 (1): 14-20.

- Smekal H. 2011. Incendios forestales. Breve enciclopedia del ambiente. Publicado en internet, disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/IncendFor.htm>. Activo febrero 2011.
- Thompson K., Bakker J. P. and Bekker R. M. 1998. Ecological correlates of seed persistence in soil in the north-west European flora. *Journal of Ecology* 86: 163-169.
- Todo bomberos. 2010. Prevenir los incendios forestales... "tarea de todos". Publicado en internet, disponible en <http://todobomberos.blogspot.com/2010/10/prevenir-los-incendios-forestales-tarea.html>. Activo febrero 2011.
- Toniutti M. A. y 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 (1-2): 33-41.
- Tyler C. and Borchert M. 2003. Reproduction and growth of the chaparral geophyte, *Zigadenus fremontii* (Liliaceae), in relation to fire. *Plant Ecology* 165 (1): 11-20.
- USFWS. 2010. U.S. Fish and Wildlife Service, Southeast Region. Small's Milkpea (*Galactia smallii*) 5-Year Review: Summary and Evaluation. South Florida Ecological Services Field Office. Vero Beach, Florida, pp. 15.
- Vázquez Yanes C., Orozco A., Rojas M., Sánchez M. E. y Cervantes V. 2010. Las semillas. Ciencia para todos. Publicado en internet. Disponible en <http://bibliotecadigital>. Activo febrero 2011.
- Veneciano J. H. 2006. Gramíneas estivales perennes para ambientes semiáridos: características y productividad. *Información Técnica de la Estación Experimental Agropecuaria San Luis, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria* 171: 20-21.
- Verzino G., Joseau J., Dorado M., Gellert E., Rodríguez Reartes S. y Nóbile R. 2005. Impacto de los incendios sobre la diversidad vegetal, Sierras de Córdoba, Argentina. *Ecología Aplicada* 4 (1-2): 25-34.
- Vleeshouwers L. M., Boumeester H. J. and Karssen C. M. 1995. Redefining seed dormancy: an attempt to integrate physiology and ecology. *Journal of Ecology* 83: 1031-1037.
- Weberling F., Kraus T. A., Bianco C. A. and Malpassi R. 2002. Variación y estrategias adaptativas de los sistemas de ramificación de Fabáceas herbáceas. *Feddes Repertorium* 113: 342–353.
- Wheeler J. R., Rye B. L., Koch B. L. and Wilson A. J. G. 1992a. *Galactia* P. Browne. Flora of the Kimberley region. Western Australian Herbarium. Publicado en internet, disponible en <http://florabase.calm.wa.gov.au/browse/profile/21568>. Activo febrero 2011.

- Wheeler J. R., Rye B. L., Koch B. L. and Wilson A. J. G. 1992b. *Rhynchosia* Lour. Flora of the Kimberley region. Western Australian Herbarium. Publicado en internet, disponible en <http://florabase.calm.wa.gov.au/browse/profile/21612>. Activo junio 2009.
- Whelan R. J. 2010. The ecology of fire. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, 360 pp. Publicado en internet, disponible en www.cambridge.org/uk/9780521328722. Activo marzo 2010.
- Wiegand K, Jeltsch F and Ward D. 1999. Analysis of the population dynamics of *Acacia* trees in the Negev desert, Israel with a spatially-explicit computer simulation model. *Ecological Modelling* 117: 203-224.
- Williams P. R., Congdon R. A., Grice A. C. and 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. y Belgrano M. J. Actualizado 2009. Catálogo de las Plantas Vasculares del Conosur. Monographs in Systematic Botany. Missouri Botanical Garden. Publicado en internet, disponible en <http://www2.darwin.edu.ar/Proyectos/FloraArgentina/FA.asp>. Activo febrero 2011.

ANEXO 1

**LISTADO DE POÁCEAS Y FABÁCEAS CENSADAS EN
LA ESTANCIA LAS HIGUERILLAS, SIERRAS CHICAS,
DEPARTAMENTO SANTA MARÍA, CÓRDOBA,
ARGENTINA (Fuentes *et al.*, 2010)**

N°	ESPECIES DE POÁCEAS
----	---------------------

1	<i>Aristida adscensionis</i> L.
2	<i>Aristida mendocina</i> Phil.
3	<i>Bothriochloa alta</i> (Hitchc.) Henrard
4	<i>Bothriochloa barbinodis</i> (Lag.) Herter
5	<i>Bothriochloa saccharoides</i> subsp. <i>parvispiculus</i> (Hitchc.) Trovar
6	<i>Bouteloua curtipendula</i> var. <i>caespitosa</i> Gould & Kapadia
7	<i>Bromus catharticus</i> Vahl
8	<i>Cenchrus myosuroides</i> Kunth
9	<i>Cenchrus spinifex</i> Cav.
10	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koeler
11	<i>Digitaria ternata</i> (A. Rich.) Stapf
12	<i>Eleusine tristachya</i> (Lam.) Lam.
13	<i>Enneapogon desvauxii</i> P. Beauv.
14	<i>Eragrostis curvula</i> (Schrad.) Nees
15	<i>Eragrostis lugens</i> Nees
16	<i>Eragrostis mexicana</i> (Hornem.) Link
17	<i>Eragrostis tenuifolia</i> (A. Rich.) Hochst. ex Steud.
18	<i>Eustachys distichophylla</i> (Lag.) Nees
19	<i>Eustachys retusa</i> (Lag.) Kunth
20	<i>Gouinia latifolia</i> (Griseb.) Vasey
21	<i>Heteropogon contortus</i> (L.) P. Beauv. ex Roem. & Schult.
22	<i>Jarava ichu</i> Ruiz & Pav.
23	<i>Jarava pseudoichu</i> (Caro) F. Rojas
24	<i>Melica stuckertii</i> Hack.
25	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka
26	<i>Nassella neesiana</i> (Trin. & Rupr.) Barkworth
27	<i>Nassella sanluisensis</i> (Speg.) Barkworth
28	<i>Pappophorum pappiferum</i> (Lam.) Kuntze
29	<i>Paspalum malacophyllum</i> Trin.
30	<i>Paspalum notatum</i> Flügge
31	<i>Piptochaetium</i> sp.
32	<i>Schizachyrium condensatum</i> (Kunth) Nees
33	<i>Setaria lachnea</i> (Nees) Kunth
34	<i>Setaria parviflora</i> (Poir.) Kerguelen
35	<i>Sporobolus indicus</i> (L.) R. Br.

N°	ESPECIES DE FABÁCEAS
----	----------------------

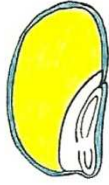
- | | |
|----|--|
| 1 | <i>Acacia caven</i> (Molina) Molina var. <i>caven</i> |
| 2 | <i>Acacia aroma</i> Gillies ex Hook. & Arn. |
| 3 | <i>Acacia praecox</i> Griseb. |
| 4 | <i>Astragalus bergii</i> Hieron. |
| 5 | <i>Geoffraea decorticans</i> (Gillies ex Hook. & Arn.) Burkart |
| 6 | <i>Adesmia cordobensis</i> Burkart var. <i>cordobensis</i> |
| 7 | <i>Clitoria cordobensis</i> Burkart |
| 8 | <i>Coursetia hassleri</i> Chodat |
| 9 | <i>Dalea elegans</i> Hook et Arn. var. <i>elegans</i> |
| 10 | <i>Desmanthus acuminatus</i> Benth. |
| 11 | <i>Desmodium uncinatum</i> (Jacq.) DC. |
| 12 | <i>Galactia glaucophylla</i> Harms |
| 13 | <i>Galactia latisiliqua</i> Desv. var. <i>latisiliqua</i> |
| 14 | <i>Galactia marginalis</i> Benth. |
| 15 | <i>Rhynchosia edulis</i> Griseb. |
| 16 | <i>Rhynchosia senna</i> Gillies ex Hook. & Arn. |
| 17 | <i>Stylosanthes guianensis</i> (Aubl.) Sw. var. <i>subviscosa</i> Benth. |
| 18 | <i>Zornia latifolia</i> Sm. |
-

ANEXO 2

HOJAS DE TRABAJO PARA LA PRUEBA DE TETRAZOLIO – ISTA, 2010 –

1. Species / Genus

Eragrostis, Poaceae; Love Grass, Liebesgras



Seed tissue (lateral view)

2. Instruments

Beakers (4 x 50 ml), little bowl, razorblades, dissecting needle, dissecting needle (lancet tip), scalpel, filter paper, forceps, support for evaluation, binocular

3. Pretreatment

Soak 18 hours in water at 20°C or 16 hours between filter paper at 7°C (Temperature of 7°C is needed to avoid germination)

4. Preparation before staining

Cut transversely near embryo

5. Staining

18 hours, 30°C, 1,0 % TZ-solution

6. Preparation for evaluation

None

7. Evaluation (maximum area of unstained, flaccid and/or necrotic tissue permitted)

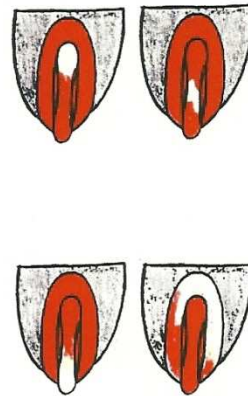
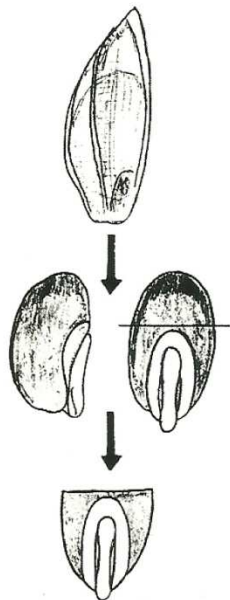
1/3 radicle, measured from the radicle tip

8. Remarks

If the status of the scutellum is uncertain, excise embryo and scutellum and observe the back of scutellum

Fig. 1: Preparation step (s)

Fig. 2: Evaluation, examples of non-viable seeds



1. Species / Genus

Medicago, Fabaceae; Medick, Schneckenklee, Luzerne



Seed tissue (lateral view)

2. Instruments

Beakers (4 x 50 ml), razorblades, dissecting needle, dissecting needle (lancet tip), scalpel, filter paper, forceps, support for evaluation, binocular

3. Pretreatment

Soak 18 hours in water at 20°C

4. Preparation before staining

Leave seed intact

5. Staining

18 hours, 30°C, 1,0 % TZ-solution

6. Preparation for evaluation

Remove seed coat to expose embryo

7. Evaluation (maximum area of unstained, flaccid or necrotic tissue permitted)

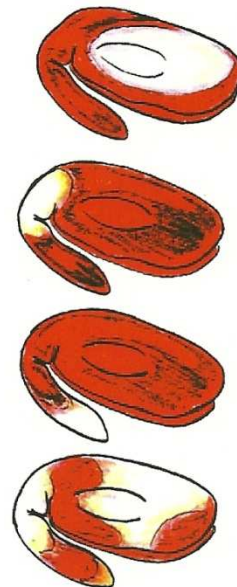
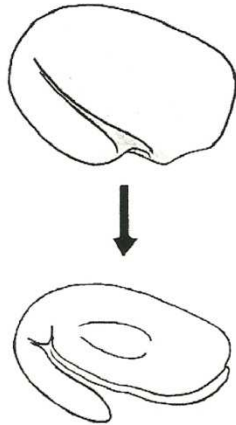
$\frac{1}{3}$ radicle, measured from the radicle tip, $\frac{1}{3}$ distal area of cotyledons, $\frac{1}{2}$ if superficial

8. Remarks

If the viability of hard seeds is to be determined, the seed coat can be incised at distal end of cotyledons and soaked in water (4 hours)

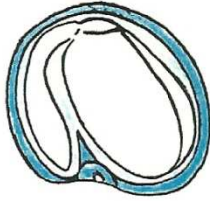
Fig. 1: Preparation step (s)

Fig. 2: Evaluation, examples of non-viable seeds



1. Species / Genus

Melilotus, Fabaceae; Clover, Steinklee



Seed tissue (lateral view)

2. Instruments

Beakers (4 x 50 ml), little bowl, razorblades, dissecting needle, dissecting needle (lancet tip), scalpel, filter paper, forceps, support for evaluation, binocular

3. Pretreatment

Soak 18 hours in water at 20°C

4. Preparation before staining

Leave seed intact

5. Staining

18 hours, 30°C, 1,0 % TZ-solution

6. Preparation for evaluation

Remove seed coat to expose embryo

7. Evaluation (maximum area of unstained, flaccid and/or necrotic tissue permitted)

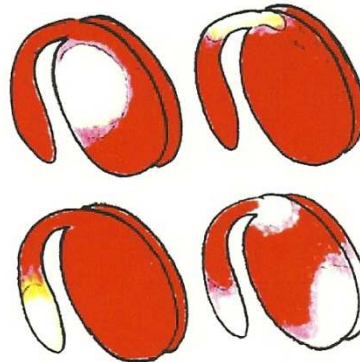
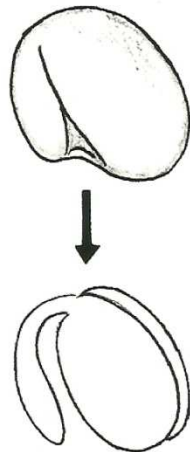
$\frac{1}{3}$ radicle, measured from the radicle tip, $\frac{1}{3}$ distal area of cotyledons, $\frac{1}{2}$ if superficial

8. Remarks

If the viability of hard seeds is to be determined, the seed coat can be incised at distal end of cotyledons and soaked in water (4 hours)

Fig. 1: Preparation step (s)

Fig. 2: Evaluation, examples of non-viable seeds



1. Species / Genus

Setaria italica, *Poaceae*; Bristle Grass, Kolbenhirse/
Borstenhirse



Seed tissue (lateral view)

2. Instruments

Beakers (4 x 50 ml), little bowl, razorblades, dissecting
needle, dissecting needle (lancet tip), scalpel, filter paper,
forceps, support for evaluation, binocular

3. Pretreatment

Remove lemma and palea before premoistening. Soak
5 hours in water at 7°C

4. Preparation before staining

Cut transversely near embryo

5. Staining

16 hours, 30°C, 1,0 % TZ-solution

6. Preparation for evaluation

Observe the external embryo, cut longitudinally through
embryo, observe the cut surface

7. Evaluation (maximum area of unstained,
flaccid and/or necrotic tissue permitted)

1/3 radicle, measured from the radicle tip, 1/4 distal part of
scutellum

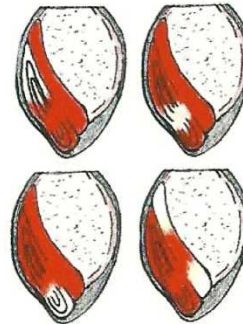
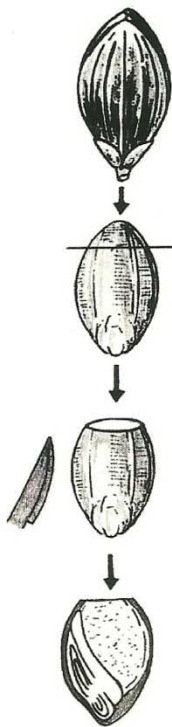
8. Remarks

If the status of the scutellum is uncertain, excise the two
halves of embryo and scutellum and observe the back of
scutellum

Temperature of 7°C is needed to avoid germination

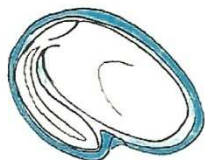
Fig. 1: Preparation step (s)

Fig. 2: Evaluation, examples of non-viable seeds



1. Species / Genus

Trifolium, Fabaceae; Clover, Klee



Seed tissue (lateral view)

2. Instruments

Beakers (4 x 50 ml), little bowl, razorblades, dissecting needle, dissecting needle (lancet tip), scalpel, filter paper, forceps, support for evaluation, binocular

3. Pretreatment

Soak 18 hours in water at 20°C

4. Preparation before staining

Leave seed intact

5. Staining

18 hours, 30°C, 1,0 % TZ-solution

6. Preparation for evaluation

Remove seed coat to expose embryo

7. Evaluation (maximum area of unstained, flaccid and/or necrotic tissue permitted)

$\frac{1}{3}$ radicle, measured from the radicle tip, $\frac{1}{3}$ distal area of cotyledons, $\frac{1}{2}$ if superficial

8. Remarks

If the viability of hard seeds is to be determined, the seed coat can be incised at distal end of cotyledons and soaked in water (4 hours)

Fig. 1: Preparation step (s)

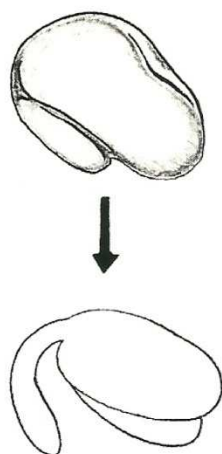
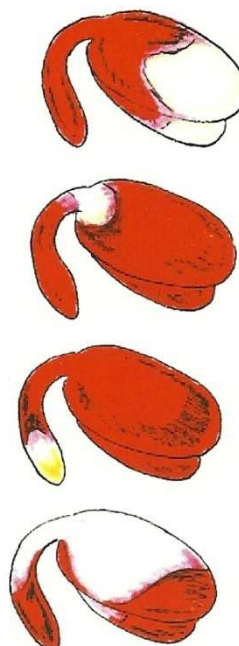


Fig. 2: Evaluation, examples of non-viable seeds



ANEXO 3

TABLAS ESTANDARIZADAS DE PATRONES DE VIABILIDAD (unificación de las especificaciones de ISTA, 2003 y AOSA, 2000) PARA LA EVALUACIÓN DE SEMILLAS PEQUEÑAS DE FABÁCEAS Y POÁCEAS MEDIANTE LA PRUEBA TOPOGRÁFICA POR TETRAZOLIO

Suministrada por Craviotto R. M. y M. R. Arango Perearnau. 2009. Análisis de semillas. Curso de la currícula correspondiente a la Maestría en Ciencias Agropecuarias, Mención Tecnología de Semillas. Escuela para Graduados, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.

PRUEBA TOPOGRÁFICA POR TETRAZOLIO EN FABACEAE [semillas pequeñas]

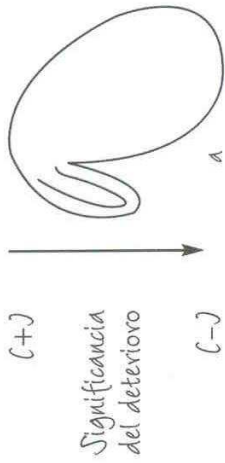
PATRONES - NIVELES DE VIABILIDAD

1- Viables Sin Defectos

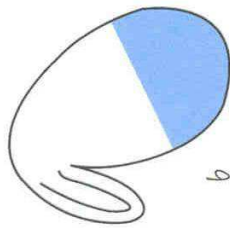
Tinción rojo intenso

Uniforme distribución de coloración

Buena turgencia de los tejidos

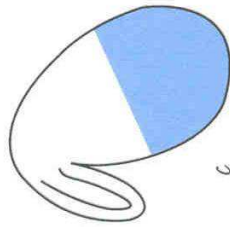


2- Viables Defectos Moderados



Cotiledón o cotiledones:

<1/2 perdido, sin teñir, oscuro y acuoso sin turgencia



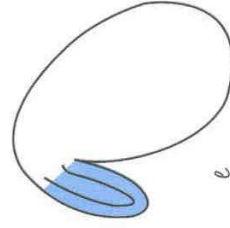
Cotiledón:

1/2 perdido, sin teñir, oscuro y acuoso sin turgencia



Apice de Radícula:

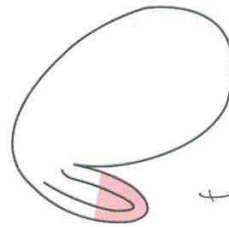
neerosada, rojo oscuro, acuoso sin turgencia por debajo del ápice del cilindro central



Radícula completa:

rojo oscuro con buena turgencia

3- No Viables



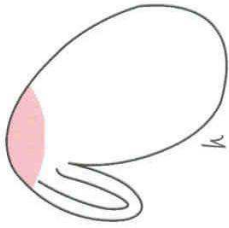
Radícula:

1/3 perdida, neerosada o rojo oscuro sin turgencia



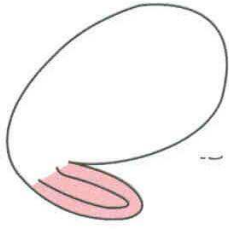
Cotiledones:

1/2 o mayor perdidos, sin teñir o tinción oscura sin turgencia



Area de unión:

casquete de tejido sin teñir u oscura sin turgencia

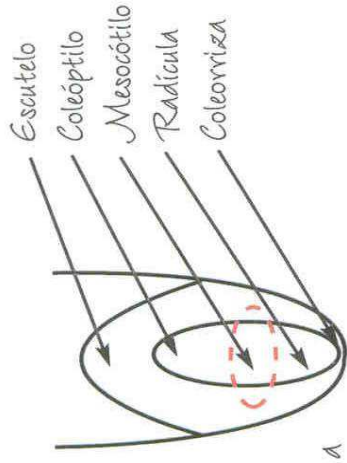


Radícula completa:

tinción oscura sin turgencia o falta de tinción

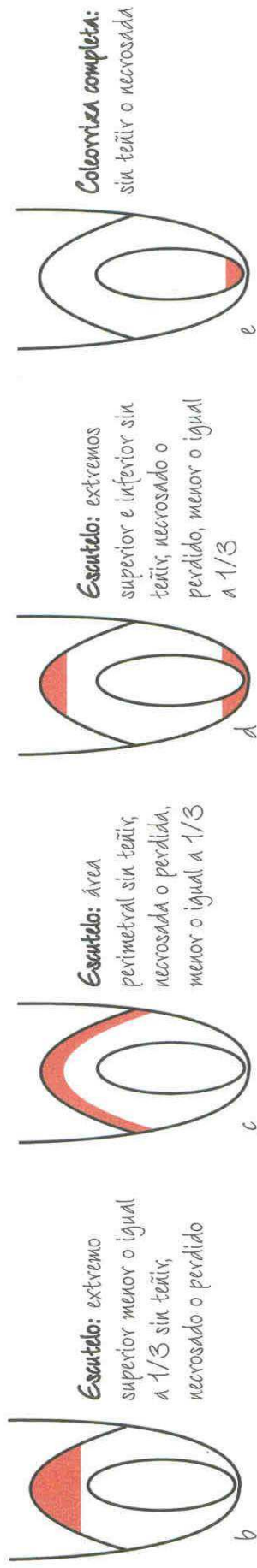
PRUEBA TOPOGRAFICA POR TETRAZOLIO EN POACEAE [semillas pequeñas]

Patrones - Corte Transversal Completo - Niveles de Viabilidad



- 1- Viables Sin Defectos**
- Tinción rojo intenso
 - Uniforme distribución de la coloración
 - Integridad de los tejidos

2- Viables Defectos Moderados



3- No Viables

