

## Germinación de *Gutierrezia solbrigii* y *Senecio subulatus*, asteráceas endémicas de Argentina

### Germination of *Gutierrezia solbrigii* and *Senecio subulatus*, endemic Asteraceae from Argentina

Masini ACA<sup>1</sup>, AE Rovere<sup>1</sup>, GI Pirk<sup>1,2</sup>

**Resumen.** Asteraceae es la familia de plantas vasculares más diversa a nivel mundial y la más numerosa de Argentina, incluyendo 26% de especies endémicas. Muchas asteráceas son pioneras, facilitando el establecimiento de otras especies, y varias se han utilizado en restauración. Dada la importancia de conocer las características de las semillas y de la germinación para su utilización en proyectos de restauración, se indaga sobre aspectos fisiológicos básicos de la germinación de *Gutierrezia solbrigii* Cabrera y *Senecio subulatus* D. Don ex Hook. & Arn. var. *erectus* Hook. & Arn., arbustos endémicos de Argentina distribuidos en zonas áridas de Patagonia. El material proviene de la Reserva Provincial Auca Mahuida (NE de Neuquén), en el Distrito Fitogeográfico de Payunia (ecotono Monte-Estapa). Allí, la actividad hidrocarburífera ha generado áreas degradadas donde estas especies podrían utilizarse para revegetación. Se evaluó el porcentaje de germinación (G), el tiempo medio de germinación (TMG) y los días hasta el inicio de la germinación (IG) de un control y de tratamientos pre-germinativos: estratificación húmeda fría de 15 días (EHF15), escarificación mecánica con lija (EML) para las dos especies, y estratificación húmeda fría de 30 días (EHF30) y escarificación mecánica con bisturí (EMB) para *S. subulatus*. Para los tratamientos los porcentajes de germinación fueron elevados (*G. solbrigii*: 77% EHF15, 81% EML; *S. subulatus*: 88% EHF15, 89% EHF30, 84% EML, 94% EMB) y similares a los controles (*G. solbrigii*: 82%, *S. subulatus*: 88%). Solo se registraron diferencias entre EMB y EML para *S. subulatus*: G e IG fueron mayores en EMB y el TGM menor, posiblemente porque con EML las semillas no son escarificadas uniformemente. En conclusión, ambas especies carecen de mecanismos de dormición bajo las condiciones experimentales, lo que sumado al hecho de que crecen en ambientes disturbados y son endémicas, las hace excelentes candidatas para trabajos de restauración ecológica.

**Abstract.** Asteraceae is the most diverse family of vascular plants in the world and the most numerous in Argentina, with 26% of endemic species. Many Asteraceae are pioneer species facilitating the establishment of other species, and several have been employed in restoration. Knowing the characteristics of seeds and their germination is crucial to employ them in restoration projects; hence this study explored basic physiological aspects of the germination of *Gutierrezia solbrigii* Cabrera and *Senecio subulatus* D. Don ex Hook. & Arn. var. *erectus* Hook. & Arn., two endemic shrubs of Argentina, distributed in arid Patagonia. Seeds came from the Reserva Provincial Auca Mahuida (NE of Neuquén Province), in the Phytogeographical District of Payunia (ecotone between Monte and Steppe). Hydrocarbon extraction activities in the reserve have originated degraded areas where these species could be employed with revegetation purposes. We evaluated germination percentage (G), time until germination (IG) and mean germination time (TMG) of control seeds and seeds subjected to pre-germinative treatments: cold moist stratification for 15 days (EHF15), mechanical scarification with sand and sandpaper (EML) for both species, and cold moist stratification for 30 days (EHF30) and mechanical scarification with a scalpel (EMB) for *S. subulatus*. In all treatments, germination percentage was high (*G. solbrigii*: 77% EHF15; 81% EML; *S. subulatus*: 88% EHF15, 89% EHF30, 84% EML, 94% EMB) and similar to controls (*G. solbrigii*: 82%, *S. subulatus*: 88%). Differences were detected only between EMB and EML for *S. subulatus*: G and IG were higher in EMB and lower in TGM, probably because seeds were not homogeneously scarified with EML. In conclusion, the studied species lack dormancy mechanisms under the experimental conditions, and since they are also endemic and grow in disturbed environments, they are excellent candidates to be used in restoration projects.

**Palabras clave:** Dormición; Payunia; Restauración; Zonas áridas.

**Keywords:** Dormancy; Payunia; Restoration; Arid zones.

<sup>1</sup> CONICET. Laboratorio Ecotono, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250. San Carlos de Bariloche (8400), Río Negro, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA, CONICET-UNCOMA). Quintral 1250. San Carlos de Bariloche (8400), Río Negro, Argentina. Address correspondence to: Laboratorio Ecotono, Universidad Nacional del Comahue. Quintral 1250. 8400. San Carlos de Bariloche, Río Negro, Argentina., e-mail: carlitamasini@yahoo.com.ar  
Received 2.III.2015. Accepted 19.V.2015.

## INTRODUCCIÓN

La familia Asteraceae (Compositae) posee una gran diversidad, tanto por el número de taxones que incluye como por su distribución, formas de vida y adaptaciones. Constituye la familia de plantas vasculares con mayor diversidad a nivel mundial, representando el 8-10% de la flora global y abarcando 22750 taxones específicos e infraespecíficos, con 1620 géneros (Funk et al., 2005; Del Vitto y Petenatti, 2009). Es una familia cosmopolita, presente en todo tipo de hábitats y distribuida en todos los continentes excepto la Antártida (Funk et al., 2005; Katinas et al., 2007). Dada su amplia distribución y plasticidad adaptativa, presentan gran diversidad de formas de vida, desde pequeñas hierbas hasta árboles, y diferentes tipos funcionales en la mayoría de los biomas (Katinas et al., 2007; Del Vitto y Petenatti, 2009), encontrándose adaptadas a diversos suelos, climas y relieves (Katinas et al., 2007). Este elevado nivel de diversidad se ve reflejado en las funciones que las compuestas cumplen en los ecosistemas.

La importancia de las asteráceas en Argentina reside no solo en su elevada diversidad taxonómica sino en el rol ecológico que desempeñan. Asteraceae constituye la familia más numerosa de plantas superiores en Argentina, presentando cerca de 1400 especies y unos 200 géneros, es decir 16% del total de plantas vasculares del país, con 26% de endemismos (Cabrera, 1971a; Katinas et al., 2007; Del Vitto y Petenatti, 2009). Especies de esta familia son pioneras en sucesiones primarias de distintos ambientes, facilitando el establecimiento de otras especies (Katinas et al., 2007). Por ejemplo, junto a las Poaceae y Fabaceae, ha sido la familia mejor representada en términos de especies que colonizan y fijan las dunas costeras de la provincia de Buenos Aires, destacándose las especies nativas del género *Senecio* L., *S. bergii* Hieron, *S. pinnatus* Poir. var. *pinnatus*, *S. subulatus* D. Don ex Hook. & Arn. var. *subulatus* y *S. subulatus* D. Don ex Hook. & Arn. var. *erectus* Hook. & Arn. (Celsi y Monserrat, 2008). También constituyen asociaciones de especies dominantes en algunos ecosistemas y elementos característicos que forman poblaciones abundantes, como es el caso de *Nassauvia fuegiana* (Speg.) Cabrera y *N. glomerulosa* (Lag. ex Lindl.) D. Don en la estepa Patagónica (Katinas et al., 2007). *Chiquiraga erinacea* D. Don, *Gutierrezia solbrigii* Cabrera, *S. aff. flaginoides* DC. y *Grindelia chilensis* (Cornel.) Cabrera también integran parches de vegetación en el Monte (Katinas et al., 2007; Tadey, 2008; Busso y Bonvissuto, 2009a), así como lo hacen *G. solbrigii*, *S. flaginoides* y *G. chilensis* en algunos sectores de Payunia (León et al., 1998). Dado el carácter de pioneras que presentan algunas de estas especies, resulta de interés su potencial uso en trabajos de restauración ecológica.

Las asteráceas se han utilizado en restauración ecológica mediante distintas técnicas, siendo de especial importancia los trabajos que emplean especies nativas. Se ha evaluado su uso en fitorremediación; por ejemplo, se observó que especies de los géneros *Silybum* Adans., *Onopordum* L., *Cynara* L.,

*Scolymus* L. y *Crepis* L. colonizan espontáneamente suelos calcáreos contaminados con metales pesados en el sur de Italia (Perrino et al., 2014). Otro estudio evaluó la germinación y supervivencia de *Tithonia tubaeformis* A. Gray en presencia de contaminantes derivados del petróleo para su potencial uso en la remediación de suelos contaminados en Argentina (Larenas Parada y de Viana, 2005). Asimismo se han utilizado para controlar especies exóticas. Por ejemplo, mediante la recomposición del banco de semillas de *Helianthus annuus* L. se redujo significativamente la biomasa de una especie exótica agresiva (*Bromus tectorum* L.), y se favoreció la colonización de otras especies nativas en áreas de minas abandonadas en Colorado, EEUU (Kieffer Stube, 2012). El trasplante de individuos y el uso como nodrizas también han sido estudiados en sitios con condiciones ambientales extremas, como por ejemplo *Espeletia grandiflora* Bonpl. en los Páramos colombianos (Rojas-Zamora et al., 2013) y *Baccharis linearis* (Ruiz & Pav.) Pers. en depósitos de relaves mineros en el centro-norte de Chile (Cuevas et al., 2013). En Argentina, *S. flaginoides* es considerada una especie útil para la revegetación de áreas degradadas, ya que se establece fácilmente, presenta crecimiento rápido, no necesita clausuras por ser una especie no forrajera, y por las características de su hábito de crecimiento brinda una rápida cobertura del suelo y efecto protector del mismo (Beider, 2012). *Senecio subulatus* var. *erectus* ha sido introducida con éxito en trabajos de revegetación en plataformas de explotación petrolera en zonas áridas, desarrollando gran cobertura al igual que *Atriplex lampa* (Moq.) D. Dietr. (Dalmasso, 2010). *Gutierrezia solbrigii*, si bien es sensible a la salinización, rebrotó luego de 3 años en un sitio afectado por un derrame de salmuera en una mina de extracción de potasio (Rapoport et al., 2001). Debe destacarse que la utilización de especies de plantas vasculares, y especialmente de especies nativas, en trabajos de restauración requiere conocimiento sobre las características reproductivas de las especies de interés.

Entre las estrategias reproductivas de las compuestas, la reproducción a partir de semillas es de especial interés en trabajos de restauración. Las asteráceas presentan un amplio rango de estrategias reproductivas (Mani y Saravanan, 1999), existiendo tanto especies que se reproducen exclusivamente por semillas como especies que se reproducen principalmente de forma asexual (mediante rizomas, raíces gemíferas, etc.) (Del Vitto y Petenatti, 2009). Sin embargo, la propagación a partir de semillas permite preservar la diversidad genética de las especies, la cual influye directamente en la supervivencia y el mantenimiento de las especies en los sitios recuperados, tanto a corto como a largo plazo (Lesica y Allendorf, 1999; McKay et al., 2005). Aspectos de importancia sobre la biología reproductiva de las especies en restauración son, entre otros, las características de sus semillas y sus requerimientos de germinación.

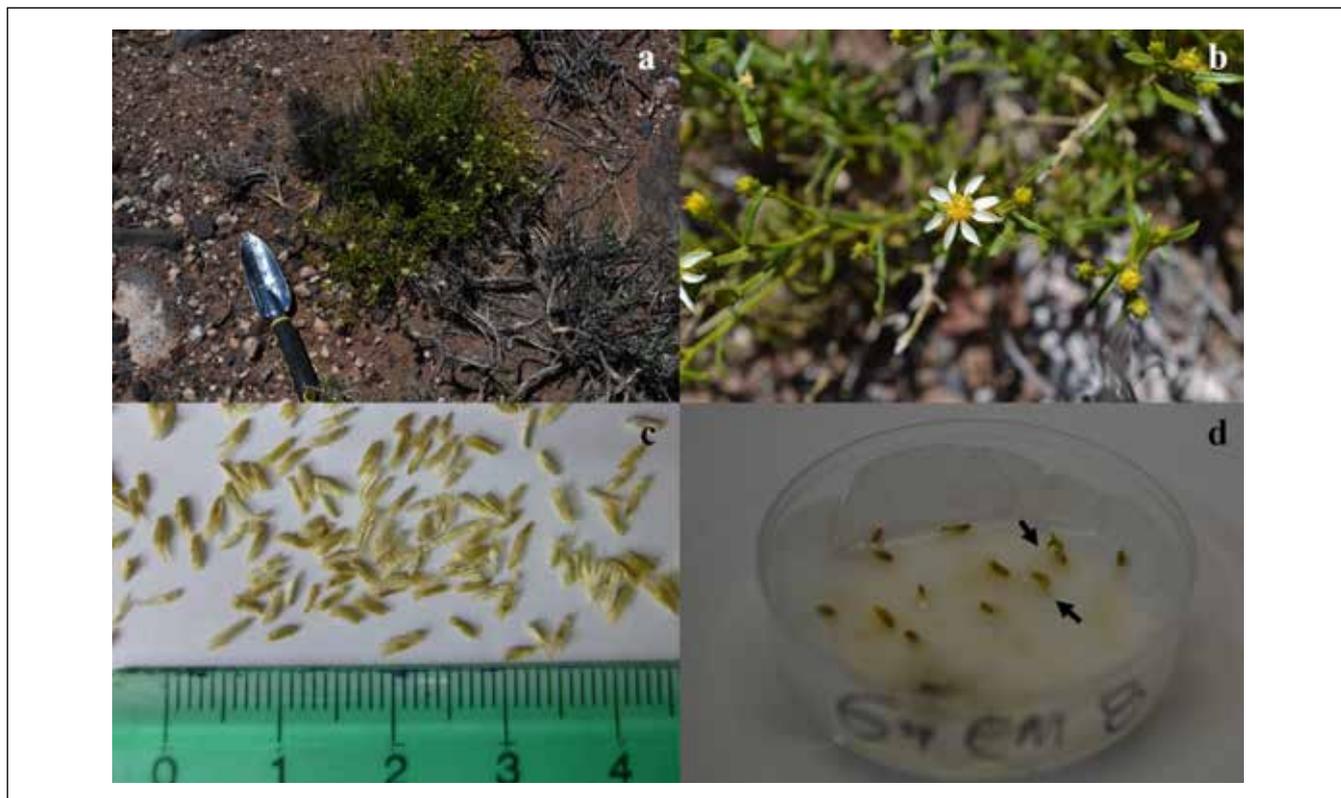
Este estudio se focaliza en los requisitos pre-germinativos de dos especies de compuestas endémicas de Argentina: *Gutierrezia solbrigii* y *Senecio subulatus* var. *erectus*. El género *Gutierrezia*

*tierrezia* Lag. posee alrededor de 25 especies en regiones áridas de América, distribuidas en dos centros, uno al sur de Estados Unidos y México con ocho especies, y el otro al sur de Bolivia, Chile y Argentina con 14 especies (Cabrera, 1971a). El género *Senecio* posee alrededor de 3000 especies distribuidas en todo el mundo, con mayor desarrollo en regiones montañosas. En Argentina se distribuyen 270 especies, en su mayoría en la Cordillera de los Andes y en la Patagonia (Cabrera, 1971a). En particular las especies *G. solbrigii* y *S. subulatus* var. *erectus* se distribuyen parcialmente en zonas áridas de la Patagonia (Zuloaga et al., 2008), donde las precipitaciones se concentran en invierno (Paruelo et al., 1998). Las especies nativas de desiertos y semidesiertos con inviernos húmedos suelen presentar dormición fisiológica, aunque también se observan otros mecanismos específicos de cada familia. Por ejemplo, las asteráceas suelen presentar dormición fisiológica leve o ausencia total de dormición (Baskin y Baskin, 1998). Sin embargo, ya que ambas especies estudiadas fructifican en verano, es factible que presenten un mecanismo de dormición fisiológica. Por otro lado, resulta de interés para futuros trabajos de restauración poner a prueba técnicas que permitan obtener una germinación uniforme y acortar los tiempos de germinación, para lo cual suele aplicarse algún tratamiento de escarificación (Rovere, 2006).

Dada la importancia de conocer las características de las semillas y de los requerimientos de germinación para su uso en proyectos de restauración, los objetivos del presente estudio fueron determinar aspectos fisiológicos básicos de la germinación de *Gutierrezia solbrigii* y *Senecio subulatus* var. *erectus*. Se caracterizaron el tamaño y peso de las semillas, y evaluaron la presencia de dormición fisiológica y el efecto de la escarificación sobre la germinación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Descripción de las especies.** *Gutierrezia solbrigii* (Fig. 1) es una especie endémica de Argentina frecuente en Patagonia, que se distribuye en las provincias de Mendoza, La Pampa, Neuquén, Río Negro y Chubut hasta los 2000 m s.n.m (Cabrera, 1971a; Zuloaga et al., 2008). Es un arbusto perenne, bajo, con raíces leñosas muy gruesas, hojas coriáceas sésiles y numerosos capítulos con flores generalmente blancas (Cabrera, 1971a). En cuanto a su estado de conservación, *G. solbrigii* recibe la categoría 2 de PlanEAR (Plantas Endémicas de la Argentina), es decir, se trata de una especie abundante presente en sólo una de las grandes unidades fitogeográficas del país (PlanEAR, 2008).



**Fig. 1.** *Gutierrezia solbrigii*: (a) ejemplar durante la floración, (b) detalle de capítulo, (c) semillas (cipselas) junto a una escala en cm, (d) semillas germinadas (indicadas con flechas) durante el ensayo de germinación.

**Fig. 1.** *Gutierrezia solbrigii*: (a) individual during flowering, (b) capitulum, (c) seeds (cypsela) with a cm scale, (d) germinated seed (arrow) during germination assay.

*Senecio subulatus* var. *erectus* (Fig. 2) es una especie endémica de Argentina, que se distribuye en las provincias de Jujuy, Salta, Catamarca, La Rioja, San Juan, San Luis, Mendoza, La Pampa, Buenos Aires, Neuquén, Río Negro y Chubut, hasta los 1500 m s.n.m. (Zuloaga et al., 2008). Es un arbusto perenne de 1-2 m de altura, densamente hojoso, con pocos capítulos en los ápices de las ramas y flores amarillas (Cabrera, 1971a). Esta variedad es frecuente en los suelos arenosos de las regiones áridas de Argentina, desde Jujuy hasta el norte de la Patagonia (Cabrera, 1971a). En cuanto a su estado de conservación, *S. subulatus* no se halla incluido en la base de datos PlanEAR. Sin embargo, se encuentra dentro de las especies amenazadas de la flora bonaerense, dentro de la categoría de menor riesgo, y se desconocen las posibles causas de amenaza del taxón (Delucchi, 2006).

Los autores de los géneros y especies mencionados en este trabajo son abreviados según Zuloaga et al. (2008) y The International Plant Names Index (2012).

**Área de estudio.** El material fue recolectado al noreste de la provincia de Neuquén (Argentina), en la Reserva Provincial de Usos Múltiples Auca Mahuida, ubicada en el Distrito Fito geográfico de la Payunia (Fiori y Zalba, 2000). Este distrito es considerado un ecotono entre las Provincias del Monte y Patagónica (Cabrera, 1971b), área de particular interés biogeográfico debido al importante número de endemismos de plantas vasculares (Martínez Carretero, 2004). El clima es semiárido (Martínez Carretero, 2004), y la precipitación media anual de la región es menor a 130 mm (Departamento de Geografía UNCo, 1982). Durante el año 2012, se registraron (1) precipitación anual de 185 mm (concentrada principalmente entre enero-febrero y octubre-noviembre), (2) temperatura media anual de 10,5 °C, (3) temperatura máxima estival absoluta de 31 °C (enero), y (4) temperatura mínima invernal absoluta de -9 °C (junio). En la reserva se encuentran canchales de extracción de áridos, caminos denudados de vegetación y explanadas petroleras, producto de actividades de exploración



**Fig. 2.** *Senecio subulatus* var. *erectus*: (a) ejemplar en un sitio disturbado, (b) detalle del capítulo, (c) semillas (cipselas) junto a una escala en cm, (d) semillas germinadas (indicadas con flechas) durante el ensayo de germinación.

**Fig. 2.** *Senecio subulatus* var. *erectus*: (a) individual in a disturbed area, (b) capitulum, (c) seeds (cypselas) with a cm scale, (d) germinated seeds (arrow) during germination assay.

y explotación de hidrocarburos (Fiori y Zalba, 2003). Mientras que *G. solbrigii* fue registrada tanto en áreas no alteradas como en sitios disturbados dentro de la reserva, *S. subulatus* var. *erectus* (en adelante *S. subulatus*) fue observada exclusivamente en sitios disturbados. Las áreas disturbadas donde fueron observadas ambas especies son tanto de origen natural (por ejemplo, cañadones de cursos de agua temporales) como antrópico.

#### **Recolección, limpieza y almacenamiento de semillas.**

Se colectaron frutos maduros de 41 plantas de *G. solbrigii* en enero de 2012, y de 30 plantas de *S. subulatus* en diciembre del mismo año (37° 39' S, 68° 56' O, 1248 m s.n.m). En laboratorio se extrajeron las cipselas (en adelante semillas) de los capítulos, y se dejaron secar a temperatura ambiente. Todas las semillas de una misma especie se juntaron en un único lote, se guardaron en una bolsa de papel rotulada, y se almacenaron en heladera a 5 °C, en oscuridad, hasta el momento de realizar los respectivos ensayos de germinación. En el caso de *G. solbrigii* las semillas permanecieron almacenadas alrededor de 4 meses, mientras que las de *S. subulatus* fueron almacenadas entre 2 y 3 meses, según el tratamiento aplicado. Para todos los ensayos y mediciones que se describen a continuación se utilizaron semillas con aspecto viable, descartándose aquellas que parecían vanas (cipselas aplanadas lateralmente, debido a la ausencia de una semilla desarrollada en su interior).

**Dimensiones y peso de las semillas.** Para ambas especies se midieron las dimensiones de 100 semillas utilizando un calibre digital. Se midieron el ancho máximo, el espesor y la longitud máxima (Sanchez et al., 2002), esta última dimensión se evaluó tanto incluyendo como excluyendo el papus. Se pesaron diez lotes de 100 semillas de cada especie utilizando una balanza de precisión.

#### **Ensayo de germinación y viabilidad de las semillas.**

Para *G. solbrigii* se realizó un ensayo de germinación aplicando dos tratamientos pre-germinativos y un control (C): (1) estratificación húmeda fría durante 15 días (EHF15), en oscuridad a 5 °C en heladera, y (2) escarificación mecánica con arena y lija (EML), sacudiéndose durante 2 minutos las semillas dentro de un recipiente revestido con lija de grano grueso y con 1/3 de su volumen de arena. En el caso de *S. subulatus* se aplicaron dos tratamientos adicionales: (3) estratificación húmeda fría durante 30 días (EHF30), en oscuridad a 5 °C, y (4) escarificación mecánica con bisturí (EMB), realizándose con bisturí un corte en la zona de unión del papus al resto del fruto, abarcando tanto la pared del mismo como el tegumento de la semilla. Para cada tratamiento se realizaron diez repeticiones de 30 semillas cada una. Las semillas se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 2% durante 2 minutos, se enjuaga-

ron durante 2 minutos bajo chorro de agua corriente y se colocaron en cajas de Petri de plástico, sobre un disco de papel de filtro humedecido con agua destilada. La desinfección no se aplicó en los tratamientos de estratificación, ya que en ambas especies hubo germinación durante el tratamiento. El ensayo se desarrolló en cámara de germinación bajo condiciones controladas de luz y temperatura: 12 h luz/12 h oscuridad, a 20/10 °C, respectivamente. El mismo se extendió por 30 días en el caso de *G. solbrigii* y por 38 días para *S. subulatus*. Se controló la germinación día por día, regándose cuando fuera necesario con agua destilada. Se consideró germinada una semilla cuando emergía la radícula.

Una vez finalizado el ensayo de germinación, se realizó la prueba de viabilidad de tetrazolio a las semillas que no germinaron siguiendo el procedimiento descrito por Masini et al. (2014). En el caso de *G. solbrigii*, las semillas se incubaron en la solución de tetrazolio al 1% a 40 °C durante 90 min, mientras que las de *S. subulatus* se incubaron a 30 °C durante 48h. Las semillas se clasificaron en vacías, atacadas por hongos, infestadas (atacadas por insectos), viables y no viables.

El porcentaje de germinación final (G) para cada repetición se calculó utilizando la fórmula  $G = g / (g + tzp + tzn + h)$ , donde g es el número de semillas germinadas, tzp es el número de semillas viables según la prueba de tetrazolio, tzn es el número de semillas no viables según la prueba de tetrazolio, y h es el número de semillas atacadas por hongos (Gosling, 2003). Para el cálculo del porcentaje de germinación se excluyeron las semillas vacías e infestadas, es decir, aquellas que no tenían la potencialidad de germinar. Adicionalmente se calculó el tiempo medio de germinación (TMG) (Hartmann y Kester, 1980; Yang et al., 2003) y los días transcurridos hasta el inicio de la germinación (IG) (Méndez, 2007) para el control y los tratamientos de escarificación. Ya que hubo germinación en los tratamientos de estratificación de ambas especies, no fue posible calcular el TMG ni el IG.

**Análisis de datos.** Se compararon los valores de G en *G. solbrigii* e IG en *S. subulatus* entre tratamientos con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. En caso de hallarse diferencias significativas se aplicaron comparaciones múltiples de a pares de los rangos promedio (Siegel y Castellan, 1995). Para la comparación del TMG e IG entre tratamientos en *G. solbrigii* se aplicó la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. El G y el TMG se compararon entre tratamientos para *S. subulatus* aplicando una prueba de ANOVA de una vía, y en caso de que fuera significativa se aplicaron comparaciones múltiples de medias *a posteriori*, aplicando la corrección de Bonferroni. El análisis de los datos se realizó en R (R Core Team, 2014) e InfoStat (Di Rienzo et al., 2014).

**Tabla 1.** Dimensiones de una semilla (cipsela) (media  $\pm$  1DE, N=100) y peso de un lote de 100 semillas (N=10) de *Gutierrezia solbrigii* y *Senecio subulatus* var. *erectus*.**Table 1.** Seed (cypsela) dimensions (mean  $\pm$  1SD, N=100) and weight of 100 seeds (N=10) of *Gutierrezia solbrigii* and *Senecio subulatus* var. *erectus*.

	<i>Gutierrezia solbrigii</i>	<i>Senecio subulatus</i> var. <i>erectus</i>
Largo incluyendo el papus (mm)	3,65 $\pm$ 0,39	14,30 $\pm$ 1,38
Largo excluyendo el papus (mm)	2,24 $\pm$ 0,24	5,13 $\pm$ 0,67
Ancho (mm)	0,73 $\pm$ 0,11	0,77 $\pm$ 0,08
Espesor (mm)	0,64 $\pm$ 0,10	0,66 $\pm$ 0,09
Peso (g)	0,062 $\pm$ 0,002	0,184 $\pm$ 0,007

## RESULTADOS

**Dimensiones y peso de las semillas.** En la Tabla I se muestran las dimensiones y peso de las semillas de *G. solbrigii* y *S. subulatus*.

**Porcentaje de germinación, Tiempo medio de germinación e Inicio de la germinación.** Para *G. solbrigii* no se hallaron diferencias significativas entre tratamientos tanto para el porcentaje de germinación (H = 2,68; P = 0,26) como para el TMG (U = 29,5; P = 0,13) y el IG (U = 50, P = 1,00) (Fig. 3 a, c y d). En el caso de *S. subulatus*, se observaron diferencias significativas para todas las variables (G:  $F_{(4,45)} = 3,39$ ; P < 0,05; TMG:  $F_{(2,27)} = 16,52$ ; P < 0,001; IG: H = 7,16; P < 0,05). Para el porcentaje de germinación (Fig. 4a) y el IG (Fig. 4d) los únicos tratamientos que difirieron entre sí fueron EML y EMB, siendo en ambos casos mayor el valor obtenido para EMB. Para el TMG todas las comparaciones fueron significativas, siendo el mayor valor obtenido el de EML, luego el C y por último el de EMB (Fig. 4c). Con respecto a las semillas que no germinaron durante el ensayo, cabe mencionar que en el caso de *G. solbrigii* correspondieron en su totalidad a semillas vacías (61,3%) y hongueadas (38,7%), mientras que en el caso de *S. subulatus* se registraron semillas vacías (19,1%), hongueadas (19,8%) y, entre las semillas turgentes, tanto viables (10,4%) como no viables (50,6%) según la prueba de tetrazolio.

El desarrollo de la germinación se analizó mediante curvas de germinación acumulada en función del tiempo. En el caso de *G. solbrigii* (Fig. 3b) las semillas de la EHF15 comenzaron a germinar durante la estratificación, sin embargo, se observó un desarrollo de la germinación similar en todos los tratamientos: la germinación ocurrió rápidamente durante los primeros diez días del ensayo, alcanzándose dentro de este período el porcentaje de germinación final, el cual no difirió entre los tratamientos evaluados. Para *S. subulatus* (Fig. 4b) también ocurrió germinación en los tratamientos de estratificación, mientras que el C y los tratamientos de escarificación presentaron un desarrollo de la germinación similar entre sí. La germinación se estabilizó antes de la finalización del ensayo, sin embargo esto ocurrió más tempranamente para EMB que para los demás tratamientos.

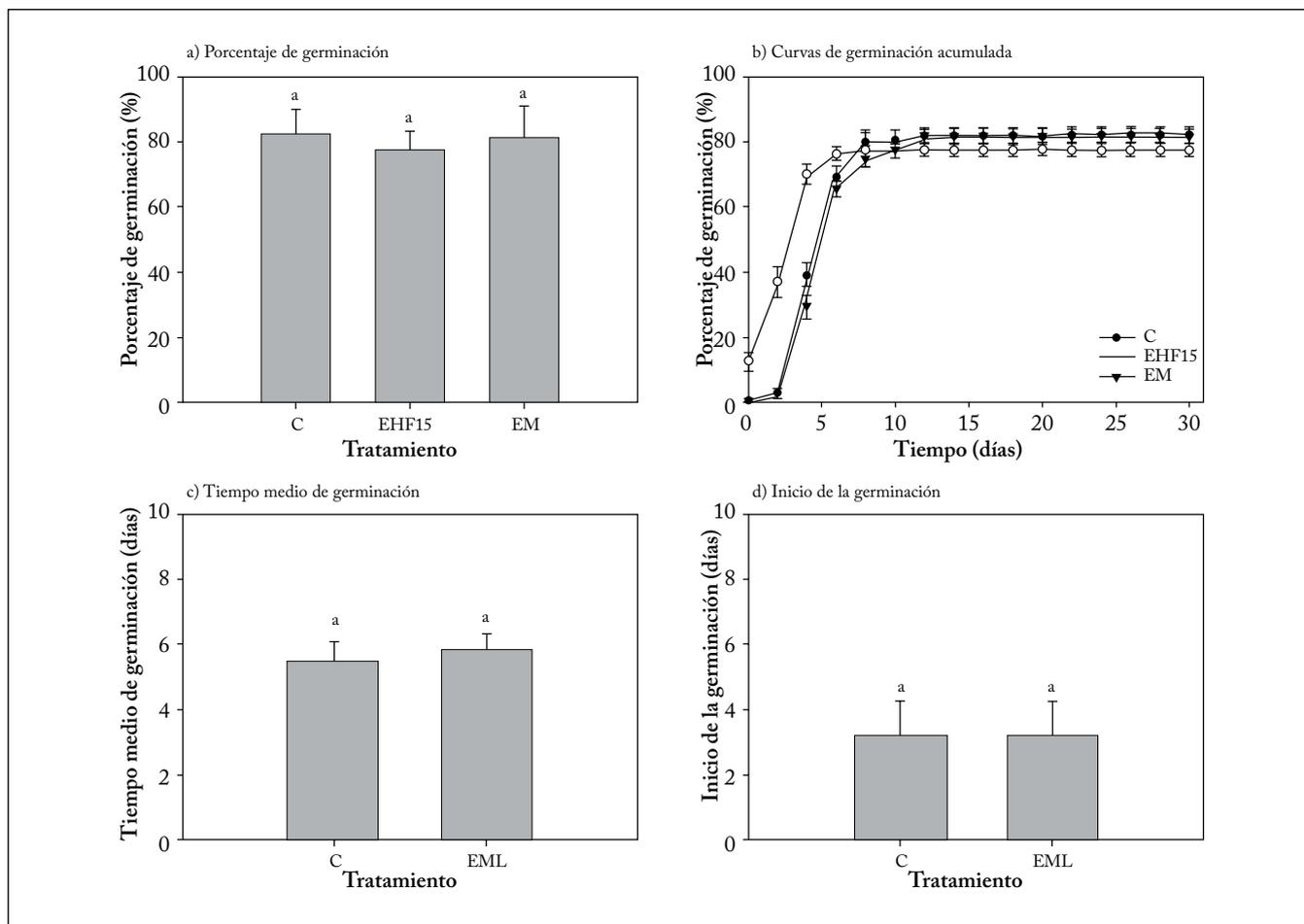
## DISCUSIÓN

Las semillas de las dos especies de asteráceas estudiadas, *Gutierrezia solbrigii* y *Senecio subulatus* var. *erectus* no presentaron mecanismos de dormición bajo las condiciones evaluadas. Luego de un período de almacenamiento en frío y bajo los tratamientos pre-germinativos aplicados, los porcentajes de germinación fueron elevados y similares a los controles. Adicionalmente, la germinación de ambas especies durante el transcurso de los tratamientos de estratificación húmeda fría en la heladera, indica que poseen la capacidad de germinar en oscuridad y baja temperatura en un medio húmedo.

La estratificación húmeda fría y el escarificado mecánico no afectaron la germinación de las semillas de *G. solbrigii*, indicando que esta especie lograría germinar en su medio natural siempre y cuando las condiciones sean favorables. Otras especies del género nativas de Norteamérica, *G. sarothrae* (Pursh) Britton & Rusby y *G. microcephalum* (actualmente sinónimo de *G. sarothrae*), presentan un estado de dormición que es superado luego de un período de maduración post-cosecha (Mayeux y Leotta, 1981), obteniendo porcentajes de germinación de 80-95%, similares al de *G. solbrigii* en este estudio (80%).

La germinación de las semillas de *Senecio subulatus* var. *erectus* fue similar entre el control y los tratamientos pre-germinativos evaluados. Sin embargo, se observaron diferencias entre los tratamientos de escarificación. En el tratamiento de escarificación con bisturí el porcentaje de germinación fue mayor que en la escarificación con lija, y aunque la germinación se inició después, la misma fue más uniforme. Además, en la escarificación con bisturí el tiempo medio de germinación fue menor que el control, contrariamente con lo ocurrido con la escarificación con lija. Estas diferencias pueden atribuirse a que la escarificación con bisturí es más homogénea y efectiva, mientras que en la escarificación con lija y arena probablemente no todas las semillas son escarificadas en la misma medida.

En un trabajo realizado en *S. subulatus* con semillas colectadas en el noreste de la Patagonia se observó un porcentaje de germinación final similar al de este estudio, de alrededor del 90% en el control para semillas incubadas en oscuridad a



**Fig. 3.** *Gutierrezia solbrigii*: (a) Porcentaje de germinación (media  $\pm$  1DE), (b) Curvas de germinación acumulada (media  $\pm$  1EE), (c) Tiempo medio de germinación (TMG) (media  $\pm$  1DE), (d) Inicio de la germinación (IG) (media  $\pm$  1DE). C: control; EHF15: estratificación húmeda fría durante 15 días; EML: escarificación mecánica con lija y arena. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ).

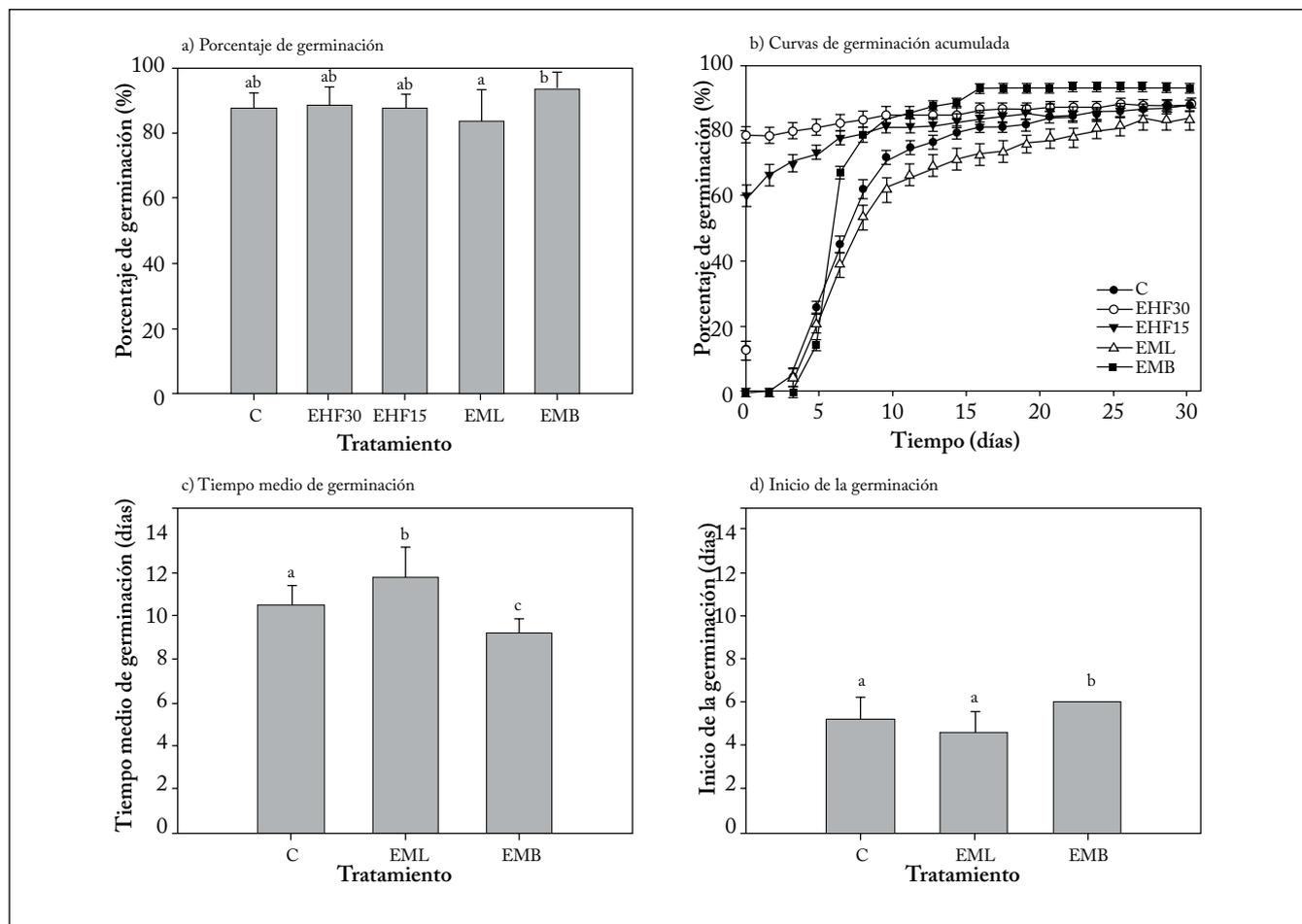
**Fig. 3.** *Gutierrezia solbrigii*: (a) Germination percentage (mean  $\pm$  1SD), (b) Cumulative germination curves (mean  $\pm$  1SE), (c) Mean germination time (TMG) (mean  $\pm$  1SD), (d) Time until germination (IG) (mean  $\pm$  1SD). C: control; EHF15: cold moist stratification for 15 days; EML: mechanical scarification with sand and sandpaper. Different letters indicate statistically significant differences among treatments ( $P < 0.05$ ).

25 °C (Peter et al., 2014). El hecho de que esta especie haya presentado elevada germinación tanto en condiciones de luz como en oscuridad y en un rango amplio de temperaturas, tanto constantes (0 °C y 25 °C) como alternantes (10/20 °C), indica su capacidad de germinar en condiciones ambientales variables, siempre y cuando la humedad disponible sea adecuada. Cabría evaluar, sin embargo, la respuesta de *S. subulatus* a distintas condiciones de estrés hídrico.

La ausencia de mecanismos de dormición y elevados porcentajes de germinación ha sido observada en otras especies de Asteraceae, que además son colonizadoras de ambientes disturbados, tanto naturales como antrópicos. Tal es el caso de *Hyalis argentea* var. *latisquama*, una especie nativa de Argentina fijadora de médanos (Camina et al., 2013), de *S. filaginoides*, especie utilizada para la revegetación de áreas degradadas (Beider, 2012) y el de *Helianthemum aromaticum* L.H. Bailey, pio-

nera en sitios disturbados de matorral en Chile central (Gómez-González et al., 2011). Debe mencionarse que en otras especies pertenecientes a los géneros evaluados se ha observado la presencia de dormición leve, la cual se supera luego de un período de maduración pos-cosecha (almacenamiento a temperatura ambiente) (Mayeux y Leotta, 1981; Ren y Abbott, 1991). Por otro lado, si bien el almacenamiento en frío disminuye la tasa de cambios fisiológicos en las semillas, también existe la posibilidad de que dicha exposición al frío modifique sus requerimientos de germinación (Baskin y Baskin, 1998).

Respecto al reclutamiento, se ha propuesto que en especies arbustivas de zonas áridas ocurre en años húmedos, especialmente en la matriz de suelo desnudo que rodea los parches de vegetación (Busso y Bonvissuto, 2009b). Incluso es factible que algunas especies logren germinar luego de una lluvia en cualquier estación del año, lo cual representa una ventaja



**Fig. 4.** *Senecio subulatus* var. *erectus*: (a) Porcentaje de germinación (media  $\pm$  1DE), (b) Curvas de germinación acumulada (media  $\pm$  1EE), (c) Tiempo medio de germinación (TMG) (media  $\pm$  1DE), (d) Inicio de la germinación (IG) (media  $\pm$  1DE). C: control; EHF15: estratificación húmeda fría durante 15 días; EHF30: estratificación húmeda fría durante 30 días; EML: escarificación mecánica con lija y arena; EMB: escarificación mecánica con bisturí. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ).

**Fig. 4.** *Senecio subulatus* var. *erectus*: (a) Germination percentage (mean  $\pm$  1SD), (b) Cumulative germination curves (mean  $\pm$  1SE), (c) Mean germination time (TMG) (mean  $\pm$  1SD), (d) Time until germination (IG) (mean  $\pm$  1SD). C: control; EHF15: cold moist stratification for 15 days; EHF30: cold moist stratification for 30 days; EML: mechanical scarification with sand and sandpaper; EMB: mechanical scarification with a scalpel. Different letters indicate statistically significant differences among treatments ( $P < 0,05$ ).

competitiva al momento de colonizar sitios con condiciones ambientales desfavorables (Bonvissuto y Busso, 2007). Por ejemplo, *G. sarothrae* se reproduce exclusivamente a partir de semillas, exhibiendo elevado reclutamiento en años húmedos, colonizando tanto áreas disturbadas como comunidades naturales (Mayeux y Leotta, 1981; Wood et al., 1997; Ralphs y Sanders, 2002).

Las especies estudiadas son factibles de ser utilizadas en trabajos de restauración ecológica debido a varias características que ambas comparten. Este estudio demostró que son especies fácilmente germinables, al menos luego de un período de almacenamiento en frío. Se trata además de especies nativas de zonas áridas, por lo cual se encuentran adaptadas a las condiciones extremas típicas de estos ambientes. Adicionalmente, dado que son arbustos perennes capaces de co-

lonizar ambientes disturbados, tanto de origen natural como antrópico, pueden aportar una cobertura vegetal permanente en dichos sitios. A su vez, al ser las dos especies endémicas de Argentina, su uso contribuye a conservar la biodiversidad nativa del país. Es de destacar que *S. subulatus* es un arbusto no palatable (Guevara et al., 1999), lo cual representa una ventaja al momento de introducir esta especie en hábitats naturales, ya que no es necesario protegerla contra herbívoros. Si bien se desconoce el grado de palatabilidad de *G. solbrigii*, otras especies del género son tóxicas para el ganado (Ralphs y Sanders, 2002). Los resultados obtenidos en el presente trabajo pueden emplearse, además, para el almacenamiento de estas especies en bancos de semillas y para su propagación en condiciones artificiales, tales como el uso de estas especies en xerojardinería. Este trabajo, por lo tanto, constituye un nuevo aporte al

estudio de dos especies de asteráceas endémicas de Argentina, información que puede ser utilizada para el desarrollo de medidas de conservación *in situ* mediante la restauración de hábitats naturales degradados.

## AGRADECIMIENTOS

A Martín Wesley, Octavio Barbieri, Sergio Goitia y Federico Quiles por su ayuda en el trabajo de campo. A Julia Camina por sus aportes al manuscrito. A los revisores, cuyos comentarios ayudaron a mejorar la calidad del manuscrito. PIP 11220150100196CO.

## REFERENCIAS

- Baskin, C.C. y J.M. Baskin (1998). Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press, San Diego. 666 p.
- Beider, A. (2012). Viverización de especies nativas de zonas áridas. *Experimentia - Revista de Transferencia Científica* 2: 9-67.
- Bonvissuto, G.L. y C.A. Busso (2007). Germination of grasses and shrubs under various water stress and temperature conditions. *Phyton International Journal of Experimental Botany* 76: 119-131.
- Busso, C.A. y G.L. Bonvissuto (2009a). Structure of vegetation patches in northwestern Patagonia, Argentina. *Biodiversity and Conservation* 18: 3017-3041.
- Busso, C.A. y G.L. Bonvissuto (2009b). Soil seed bank in and between vegetation patches in arid Patagonia, Argentina. *Environmental and Experimental Botany* 67: 188-195.
- Cabrera, A.L. (1971a). Flora Patagónica - Parte VII: Compositae. Colección Científica del INTA Tomo VIII, Buenos Aires. 451 p.
- Cabrera, A.L. (1971b). Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica* 14: 1-42.
- Camina, J., E. Tourn, A. Andrada y C. Pellegrini (2013). Germination traits of the Native *Hyalis argentea* (Asteraceae). En: Busso, C.A. (Ed.), pp. 127-138. From seed germination to young plants: ecology, growth and environmental influences. Nova Science Publishers, Inc., New York. 369 p.
- Celsi, C.E. y M.L. Monserrat (2008). Vascular plants, coastal dunes between Pehuen-có and Monte Hermoso, Buenos Aires, Argentina. *Check List* 4: 37-46.
- Cuevas, J.G., S.I. Silva, P. León-Lobos y R. Ginocchio (2013). Nurse effect and herbivory exclusion facilitate plant colonization in abandoned mine tailings storage facilities in north-central Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 86: 63-74.
- Dalmasso, A.D. (2010). Revegetación de áreas degradadas con especies nativas. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica* 45: 149-171.
- Delucchi, G. (2006). Las especies vegetales amenazadas de la Provincia de Buenos Aires: Una actualización. *APRONA Boletín Científico* 39: 19-31.
- Del Vitto, L.A. y E.M. Petenatti (2009). Asteráceas de importancia económica y ambiental. Primera parte. Sinopsis morfológica y taxonómica, importancia ecológica y plantas de interés industrial. *Multequina* 18: 87-115.
- Departamento de Geografía UNCo (1982). Atlas de La Provincia Del Neuquén. Universidad Nacional del Comahue, Argentina. 185 p.
- Di Rienzo, J.A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada y C.W. Robledo (2014). InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Fiori, S.M. y S.M. Zalba (2000). Plan de Manejo Reserva Provincial Auca Mahuida (Neuquén). Volumen I. Diagnóstico Regional. Secretaría de Estado del COPADE y Consejo Federal de Inversiones, Bahia Blanca. 205 p.
- Fiori, S.M. y S.M. Zalba (2003). Potential impacts of petroleum exploration and exploitation on biodiversity in a Patagonian Nature Reserve, Argentina. *Biodiversity and Conservation* 12: 1261-1270.
- Funk, V.A., R.J. Bayer, S. Keeley, R. Chan, L. Watson, B. Gemeinholzer, E.E. Schilling, J.L. Panero, B.G. Baldwin, N. Garcia-Jacas, A. Susanna y R.K. Jansen (2005). Everywhere but Antarctica: Using a super-tree to understand the diversity and distribution of the Compositae. *Biologiske Skrifter* 55: 343-374.
- Gómez-González, S., C. Torres-Díaz y E. Gianoli (2011). The effects of fire-related cues on seed germination and viability of *Helenium aromaticum* (Hook.) H.L. Bailey (Asteraceae). *Gayana Botánica* 68: 86-88.
- Gosling, P.G. (2003) Viability Testing. En: Smith, R.D., J.B. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard y R.J. Probert (Eds.), pp. 445-481. Seed Conservation: turning science into practice. The Royal Botanic Gardens, Kew, Great Britain. 1023 p.
- Guevara, J.C., C.R. Stasi, C.F. Wuilloud y O.R. Estevez (1999). Effects of fire on rangeland vegetation in south-western Mendoza plains (Argentina): composition, frequency, biomass, productivity and carrying capacity. *Journal of Arid Environments* 41: 27-35.
- Hartmann, H.T. y D.E. Kester (1980). Propagación de Plantas: Principios y Prácticas. Compañía Editorial Continental, S.A., México. 814 p.
- Katinas, L., D.G. Gutierrez, M.A. Grossi, y J.V. Crisci (2007). Panorama de la familia Asteraceae (= Compositae) en la Republica Argentina. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica* 42: 113-129.
- Kieffer Stube, C.J. (2012). Interactions between *Bromus tectorum* L. (cheatgrass) and native ruderal species in ecological restoration. PhD. Thesis, Colorado State University. 56 p.
- Larenas Parada, G. y M.L. de Viana (2005). Germinación y supervivencia del pasto cubano *Tithonia tubaeformis* (Asteraceae) en suelos contaminados con hidrocarburos de petróleo. *Ecología Austral* 15: 177-181.
- León, R.J.C., D. Bran, M. Collantes, J.M. Paruelo y A. Soriano (1998). Grandes unidades de vegetación de la Patagonia extraandina. *Ecología Austral* 8: 125-144.
- Lesica, P. y F.W. Allendorf (1999). Ecological genetics and the restoration of plant communities: Mix or match?. *Restoration Ecology* 7: 42-50.
- Mani, A.S. y J.M. Saravanan (1999). Pollination Ecology and Evolution in Compositae (Asteraceae). Science publishers, Inc., USA. 166 p.
- Martínez Carretero, E. (2004). La Provincia fitogeográfica de la Pampa. *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica* 39: 195-226.
- Masini, A.C.A., A. E. Rovere y G.I. Pirk (2014). Requerimientos pregerminativos de *Maihuenia patagonica* y *Maihueniopsis darwinii*, cactáceas endémicas de Patagonia. *Gayana Botánica* 71: 188-198.
- Mayeux, H.S. y L. Leotta (1981). Germination of Broom Snakeweed (*Gutierrezia sarothrae*) and Threadleaf Snakeweed (*G. microcephalum*) seed. *Weed Science* 29: 530-534.

- McKay, J.K., C.E. Christian, S. Harrison y K.J. Rice (2005). "How Local Is Local?"— A Review of Practical and Conceptual Issues in the Genetics of Restoration. *Restoration Ecology* 13: 432-440.
- Méndez, E. (2007). Germination of *Denmoza rhodacantha* (Salm-Dyck) Britton & Rose (Cactaceae). *Journal of Arid Environments* 68: 678-682.
- Paruelo, J.M., A. Beltrán, E. Jobbágy, O.E. Sala y R.A. Golluscio (1998). The climate of Patagonia: general patterns and controls on biotic processes. *Ecología Austral* 8: 85-101.
- Perrino, E. V., G. Brunetti y K. Farrag (2014). Plant Communities in Multi-Metal Contaminated Soils: A Case Study in the National Park of Alta Murgia (Apulia Region - Southern Italy). *International Journal of Phytoremediation* 16: 871-888.
- Peter, G., C.V Leder, D.A. Calvo, A.M. Cruz y S.S. Torres Robles (2014). Evaluación de tratamientos pregerminativos en seis especies nativas del ecotono Monte-Espinal del noreste de la Patagonia. *BioScriba* 7: 1-10.
- PlanEAR (2008). *Gutierrezia solbrigii* Cabrera. Disponible en: [http://www.lista-planear.org/index.php?item=especie&accion=ver\\_ficha&id=28221](http://www.lista-planear.org/index.php?item=especie&accion=ver_ficha&id=28221). Accedido Febrero 5, 2015.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ralphs, M.H. y K.D. Sanders (2002). Population cycles of broom snakeweed in the Colorado Plateau and Snake River Plains. *Journal of Range Management* 55: 406-411.
- Rapoport, E., J.A. Monjeau, B. Drausal, L. Ghermandi y V. Arrechea (2001). Flora y vegetación de una localidad del sur de Mendoza, Argentina. Resultados de un estudio de impacto ambiental por actividades mineras. *Multequina* 10: 51-66.
- Ren, Z. y R.J. Abbott (1991). Seed Dormancy in Mediterranean *Senecio vulgaris* L. *New Phytologist* 117: 673-678.
- Rojas-Zamora, O., J. Insuasty-Torres, C.A. Cardenas y O. Vargas Ríos (2013). Reubicación de plantas de *Espeletia grandiflora* (Asteraceae) como estrategia para el enriquecimiento de áreas de páramo alteradas (PNN Chingaza, Colombia). *Revista de Biología Tropical* 61: 363-376.
- Rovere, A.E. (2006). Cultivo de Plantas Nativas Patagónicas: Árboles y Arbustos. Editorial Caleuche, Bariloche, Argentina. 64 p.
- Sanchez, A.M., F.M. Azcarate, L. Arqueros y B. Peco (2002). Volumen y dimensiones como predictores del peso de semilla de especies herbáceas del centro de la Península Ibérica. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 59: 249-262.
- Siegel, S. y N.J. Castellan (1995). Estadística No Paramétrica: Aplicada a Las Ciencias de La Conducta, 4a ed. Trillas, México. 437 p.
- Tadey, M. (2008) Efecto del ganado sobre los niveles de polinización en especies vegetales del monte patagónico. *Ecología Austral* 18: 89-100.
- The International Plant Names Index (2012). The International Plant Names Index. Disponible en: <http://www.ipni.org>. Accedido Febrero 5, 2015.
- Wood, B.L., K.C. McDaniel y D. Clason (1997). Broom snakeweed (*Gutierrezia sarothrae*) dispersal, viability, and germination. *Weed Science* 45: 77-84.
- Yang, X., H.W. Pritchard y H. Nolasco (2003). Effects of Temperature on Seed Germination in Six Species of Mexican Cactaceae. En: Smith, R.D., J.B. Dickie, S.H. Linington, H.W. Pritchard and R.J. Probert (Eds.), pp. 575-588. Seed Conservation: turning science into practice, The Royal Botanic Gardens, Kew, Great Britain. 1023 p.
- Zuloaga, F.O., O. Morrone y M.J. Belgrano (2008). Catálogo de Las Plantas Vasculares Del Cono Sur (Argentina, Sur de Brasil, Chile, Paraguay Y Uruguay). Missouri Botanical Garden Press, St. Louis. 3348 p.