



LA PROPAGACIÓN VEGETATIVA COMO HERRAMIENTA CLAVE PARA LA CONSERVACIÓN DE UNA DE LAS PLANTAS MÁS AMENAZADAS DE ARGENTINA

VEGETATIVE PROPAGATION AS A KEY TOOL FOR THE CONSERVATION OF ONE OF ARGENTINA'S MOST ENDANGERED PLANTS

Denisse Escarza¹, Cristina Sanhueza¹ & Sergio Zalba¹

1. GEKKO – Grupo de Estudios en Conservación y Manejo. Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina

*denissemarianaescarza@gmail.com

Citar este artículo

ESCARZA, D., C. SANHUEZA & S. ZALBA. 2026. La propagación vegetativa como herramienta clave para la conservación de una de las plantas más amenazadas de Argentina. *Bol. Soc. Argent. Bot.* 61: 55-65.

 DOI: <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v61.n1.49199>

SUMMARY

Background and aim: The biodiversity loss crisis is one of the most severe effects of human activity on the planet. Strategies to address it often combine *in situ* and *ex situ* conservation techniques, the latter being essential for species in situations of extreme vulnerability. This is the case of *Senecio leucocephalus* (Asteraceae), which is extinct in the wild and survives only under cultivation. The aim of this work was to evaluate the success of cuttings, comparing the effects of position on the branch, use of rooting hormone, cultivation conditions, cutting length, mother plant age, and cutting season, in order to optimize propagation efforts.

M&M: Cuttings were taken from cultivated plants, planted in 1 L pots, and their survival was compared for different treatments and conditions. Based on the trials, a protocol was developed to optimize the vegetative propagation of *S. leucocephalus*.

Results: Significant differences in the survival of new plants were found for all the conditions studied, except for the cutting position on the branch. The best performance corresponds to cuttings taken in winter, 20 cm long, and preferably from young plants, grown in the greenhouse without a hotbed system.

Conclusions: These results will help to increase the efficiency of cultivation while reintroduction efforts within its natural range are evaluated.

KEY WORDS

Botanical gardens, *ex situ* conservation, extinct in the wild, natural grasslands, vegetative reproduction.

RESUMEN

Introducción y objetivo: La crisis de pérdida de diversidad biológica es uno de los efectos más drásticos de la actividad humana en el planeta. Las estrategias para afrontarla suelen combinar técnicas de conservación *in situ* y *ex situ*, siendo estas últimas fundamentales para especies en situaciones de vulnerabilidad extrema. Este es el caso de *Senecio leucocephalus* (Asteraceae), que se encuentra extinto en la naturaleza y sobrevive únicamente bajo cultivo. El objetivo de este trabajo fue evaluar el éxito de cultivo a partir de esquejes, comparando los efectos de su posición en la rama, el uso de hormona enraizante, las condiciones de cultivo, la longitud del esqueje, la edad de la planta madre y la época de corte, con el objetivo de optimizar las acciones de propagación.

M&M: Los esquejes se extrajeron de plantas cultivadas, se plantaron en macetas de 1 L y se comparó su supervivencia para los diferentes tratamientos y condiciones. Con base en los ensayos se construyó un protocolo para optimizar la propagación vegetativa de *S. leucocephalus*.

Resultados: Detectamos diferencias significativas en la supervivencia de las nuevas plantas para todas las condiciones evaluadas, excepto para la ubicación del esqueje en la rama. Los mejores desempeños corresponden a estacas cortadas en invierno, de 20 cm de longitud y preferentemente de plantas jóvenes, cultivadas en invernáculo sin sistema de cama caliente.

Conclusiones: Estos resultados permitirán aumentar la eficiencia del cultivo mientras se evalúan acciones de reintroducción de la especie en su área de distribución natural.

PALABRAS CLAVE

Conservación *ex situ*, extinción en la naturaleza, jardines botánicos, pastizales naturales, reproducción vegetativa.

Recibido: 18 Junio 2025

Aceptado: 2 Feb 2026

Publicado en línea: 31 Mar 2026

Publicado impreso: 31 Mar 2026

Editora: Karina L. Speziale 

ISSN versión impresa 0373-580X

ISSN versión on-line 1851-2372

INTRODUCCIÓN

Afrontar la crisis de pérdida de diversidad biológica constituye uno de los desafíos más urgentes para la humanidad (Díaz *et al.*, 2006; Cardinale *et al.*, 2012; Ceballos *et al.*, 2015). Para hacer frente a esta problemática, se han desarrollado estrategias de conservación *in situ*, centradas en la protección de poblaciones en sus hábitats naturales y en la restauración de ecosistemas degradados; así como estrategias de conservación *ex situ*, que permiten preservar material genético fuera de su entorno natural (Maxted, 2013). Estas últimas estrategias incluyen la producción de nuevos individuos con fines de reintroducción o refuerzo poblacional, y el establecimiento de bancos de germoplasma protegidos de las amenazas que enfrentan las especies en su hábitat natural (Lascuráin *et al.*, 2009; Ferrer-Gallego *et al.*, 2013). En este contexto, la conservación *ex situ* de plantas nativas se reconoce como un complemento clave de las acciones *in situ*, ya que permite salvaguardar especies con poblaciones reducidas o sometidas a presiones que podrían llevar a su desaparición en el corto plazo.

En situaciones extremas, cuando las poblaciones naturales han desaparecido por completo o los últimos individuos nativos deben ser retirados de su hábitat para evitar su extinción, la conservación *ex situ* se convierte en la única alternativa viable (Lascuráin *et al.*, 2009). Las plantas amenazadas pueden cultivarse mediante semillas, esquejes u otros métodos vegetativos como acodos o micropropagación. El uso de semillas favorece la conservación de variabilidad genética, aunque la germinación puede ser baja o lenta. Los esquejes, por su parte, reducen la diversidad genética y requieren material vegetal sano y disponible, pero facilitan la propagación rápida de individuos y mantienen rasgos valiosos. Ciertas técnicas de cultivo, como la aplicación de enraizante en la base de los esquejes pueden mejorar el establecimiento (Gianguzzi *et al.*, 2024), aunque se observan diferencias en los efectos de estos tratamientos entre distintas especies, llegando incluso a producir los efectos inversos (De Bona *et al.*, 2005; Doll *et al.*, 2013). Otros factores, como la longitud de la estaca, la posición del esqueje en la rama de la cual se lo extrae, la longevidad de la planta madre o la época de corte, también pueden mejorar la supervivencia de las estacas al

influir positivamente en el éxito del enraizamiento y deben ser considerados para maximizar la eficiencia del proceso y el aprovechamiento de los recursos disponibles (Hartmann *et al.*, 2011).

Senecio leucocephalus Cabrera es un subarbusto perenne endémico de la familia Asteraceae, cuya distribución original parecía restringirse a llanuras, lomadas y ambientes de pie de monte en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Long, 2018). Durante décadas, la especie solo se conocía por ejemplares de herbario, hasta el hallazgo de dos individuos en 1996, cuyas semillas y esquejes permitieron iniciar acciones de conservación *ex situ* (Long, 2008). Tras perderse los últimos ejemplares silvestres en 2007, debido al derrumbe del barranco donde crecían, *S. leucocephalus* fue categorizada como especie extinta en la naturaleza (de Villalobos, 2008). Actualmente figura en esta categoría en la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2025), situación que comparte con solo 45 especies vegetales en todo el mundo y apenas 11 en Sudamérica, lo que la convierte, posiblemente, en la especie vegetal más amenazada de Argentina. Su supervivencia depende así enteramente de la aplicación de una estrategia de conservación *ex situ* (Pini, 2020). Utilizando modelos matriciales, Pini (2020) proyectó el crecimiento de la población cultivada y propuso como estrategia óptima la combinación de cultivo por semillas y propagación vegetativa por esquejes, con el fin de aumentar su tamaño en el menor tiempo posible. Además, identificó preguntas clave para su conservación, entre ellas la necesidad de evaluar experimentalmente el éxito de establecimiento de los esquejes y la fertilidad de las plantas bajo cultivo.

En este trabajo evaluamos la supervivencia de esquejes extraídos de las plantas mantenidas en un programa de conservación *ex situ*, comparando los efectos de su posición en la rama (basal, intermedio o apical), el uso de hormona enraizante, las condiciones de cultivo, la longitud del esqueje, la edad de la planta madre, y la época de corte, con el objetivo de optimizar las acciones de propagación como estrategia para aumentar el número de ejemplares bajo cultivo y reducir el riesgo inmediato de extinción. Se espera que las estacas de mayor longitud y provenientes de plantas madre jóvenes muestren una mayor supervivencia y produzcan más individuos por una mayor disponibilidad de reservas y tejidos más

juveniles, lo que facilitaría la formación de raíces y brotes. De manera similar se prevé mayor éxito para las estacas extraídas en invierno, cuando las plantas se encontrarían en un estado fisiológico que podría favorecer el enraizamiento en esta especie, según los ensayos previos. El invernáculo sin cama caliente ofrecería condiciones controladas, reduciendo el estrés climático sin promover temperaturas que favorezcan patógenos asociados a sistemas de cama caliente, lo que resultaría también en mayor supervivencia. Finalmente, se prevé obtener un mayor éxito en las estacas tratadas con hormonas de enraizamiento (auxinas) al promoverse una más rápida formación de raíces adventicias (De Klerk *et al.*, 1999; Hartmann *et al.*, 2011). En conjunto, esperamos que una combinación de los tratamientos a aplicar aumente la supervivencia de los esquejes y, por tanto, el número de ejemplares disponibles para conservación y eventual reintroducción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Especie de estudio

Senecio leucopelplus es un sufrutice que alcanza unos 40 a 70 cm de altura. Tiene tallos ascendentes, leñosos en la base, con abundantes hojas en la porción inferior y escasa foliación en el ápice. Los tallos y hojas son pubescentes, de color blanquecino a gris ceniza. Los capítulos fueron descriptos como discoideos, con numerosas flores de color amarillo (Cabrera, 1941). Sin embargo, durante su cultivo surgieron individuos con características morfológicas que difieren de la descripción original, lo que ha generado un debate en torno a una posible hibridación con especies afines u otros procesos genéticos que podrían haber afectado a la población (Escarza, 2021).

Procedimiento

A partir de los últimos dos ejemplares silvestres de *S. leucopelplus* se desarrollaron diversas tareas de cultivo como parte de nuestro programa de conservación *ex situ*, que al inicio de este trabajo habían resultado en 15 plantas producidas por semillas, de las cuales, o de cuyos descendientes, se obtuvieron los esquejes para los ensayos de este trabajo. Los ensayos se realizaron durante los años 2020, 2021, 2022 y 2023. En los primeros tres años, los esquejes se cortaron a finales de julio e inicios

de agosto (invierno), mientras que en 2023 se extrajeron a finales de marzo y mediados de mayo (otoño).

Para la preparación de los esquejes, cada rama se dividió en secciones de aproximadamente 20 cm de longitud, excepto en el ensayo en que se compararon diferentes longitudes, utilizando también estacas de 10 cm. Los cortes del esqueje se realizaron con tijera de podar previamente esterilizada con alcohol etílico al 70 %, rectos en la parte superior y en un ángulo de 45° en la base, se eliminaron todas las hojas, y los esquejes se mantuvieron sumergidos en agua a temperatura ambiente hasta ser colocados en el sustrato.

Para todos los ensayos la plantación se realizó en macetas de 1 L, enterrando los dos tercios inferiores del esqueje en un sustrato compuesto por un 50 % de tierra fértil producida por el vivero y un 50 % de una mezcla de turba, corteza de pino y perlita (Fig. 1). Los esquejes se regaron diariamente, a media tarde, con agua corriente, y la supervivencia de los individuos se registró cada quince días durante dos meses. Un esqueje se consideró vivo mientras sus hojas o brotes permanecían verdes.

El primer ensayo se realizó en el año 2020, para evaluar la influencia de la posición del esqueje en la rama y del uso de enraizante sobre la supervivencia. En este ensayo se utilizaron 164 estacas de nueve plantas madre de un año y se cultivaron en un invernáculo equipado con sistema de cama caliente. Los ensayos incluyeron 61 estacas apicales (a) (32 con enraizante y 29 controles), 42 estacas intermedias (i) (22 con enraizante y 20 controles), y 61 basales (b) (32 con enraizante y 29 controles). Como enraizante se utilizó ácido indol butírico (AIB) en polvo, aplicado en la base húmeda de cada estaca. Las camas calientes estaban conformadas por estructuras de madera dispuestas a pocos centímetros del suelo y delimitadas por paredes de ladrillo, con un sistema de calefacción uniforme por agua caliente ubicado por debajo. Este sistema contribuye a mitigar los efectos de las bajas temperaturas y favorece el desarrollo radical.

Para comparar la supervivencia de los esquejes bajo diferentes condiciones de cultivo, en el año 2021 se evaluaron 420 estacas apicales e intermedias, extraídas de 93 plantas madre de un año de edad, que fueron asignadas a tres condiciones: 140 en invernáculo con cama caliente (iccc), 140 en invernáculo sin cama caliente (iscc) y 140 al aire

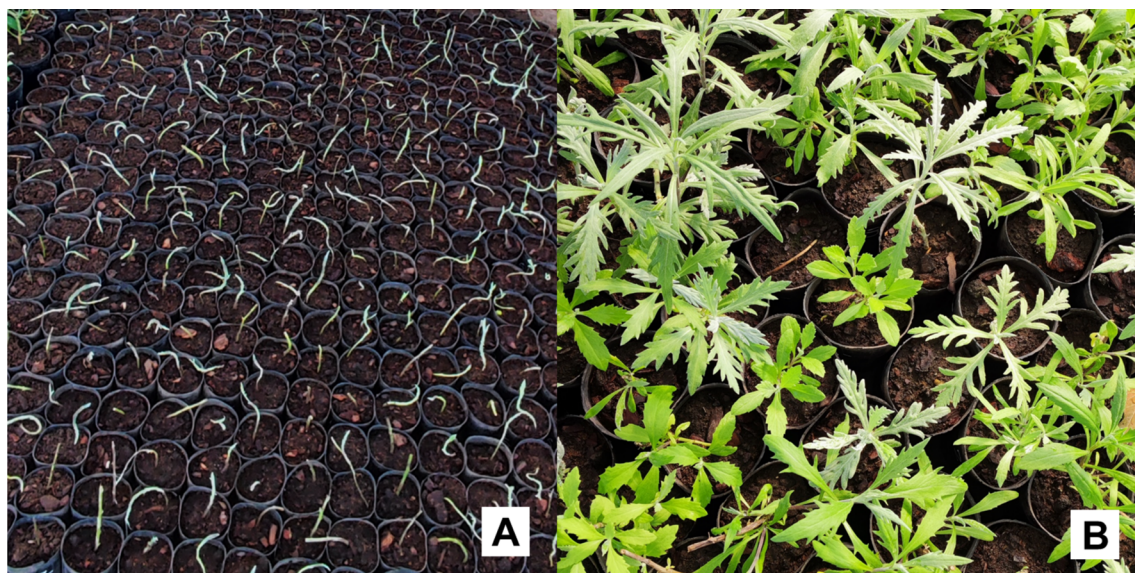


Fig. 1. Estacas de *Senecio leucocephalus* plantadas en macetas de 1 L para registrar supervivencia. **A:** Recién plantadas. **B:** Plantas sobrevivientes a los 56 días de plantación.

libre (al). A su vez, para evaluar el efecto del tamaño de la estaca, se cultivaron 120 estacas apicales e intermedias de 10 cm de longitud en invernáculo con cama caliente, que se compararon con las 140 estacas de 20 cm bajo esta misma condición, todas ellas provenientes de las mismas 93 plantas.

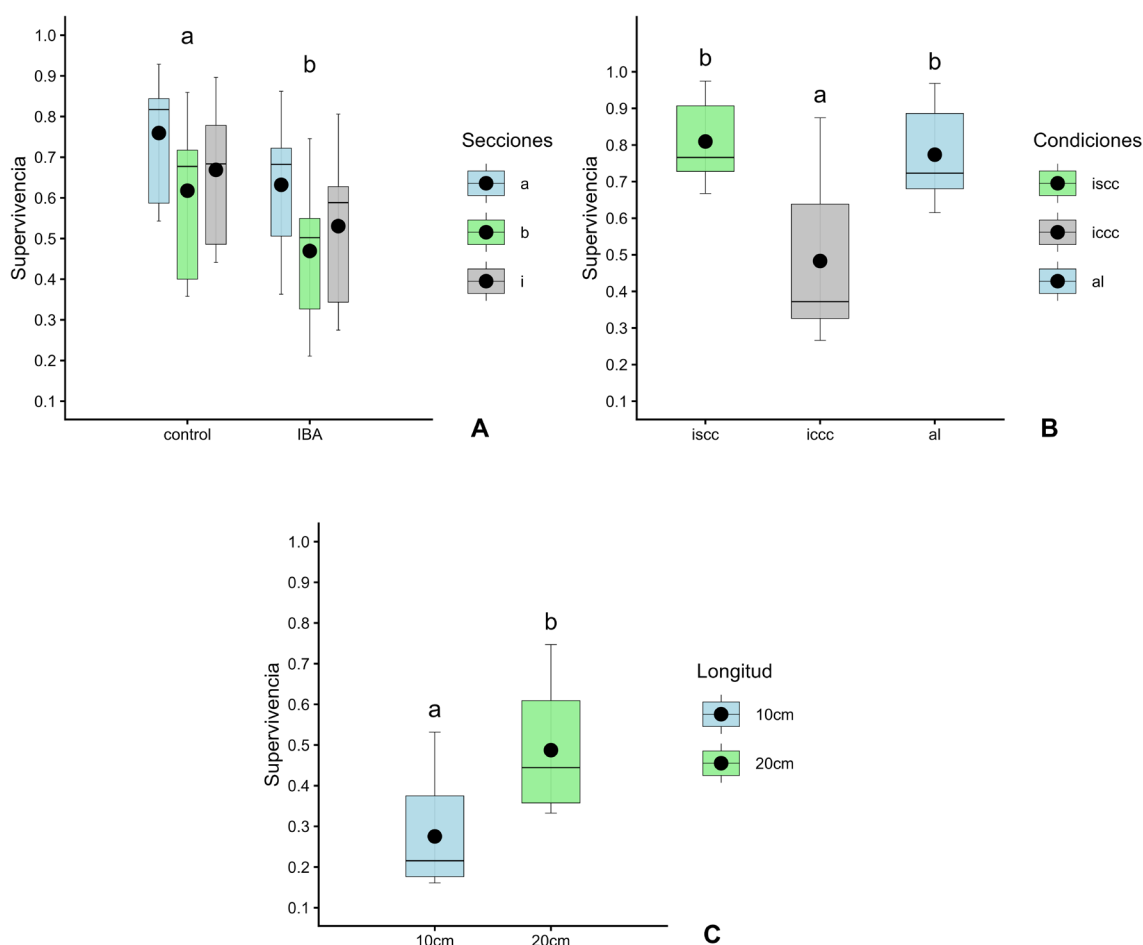
Para evaluar el efecto de la edad de las plantas madre y las condiciones de cultivo, en el año 2022 se compararon 133 estacas obtenidas de 15 plantas de tres años (70 en iscc y 63 al aire libre) con 584 estacas provenientes de 139 plantas de un año (422 en iscc y 162 al aire libre).

Finalmente, en el 2023 se evaluó el efecto de la época de recolección y las condiciones de cultivo comparando 280 estacas cortadas a mediados del invierno (finales de julio a principios de agosto) de 2021 (140 en iscc y 140 al aire libre) y 584 cortadas en 2022 (422 en iscc y 162 al aire libre), con 622 estacas recolectadas de 51 plantas al inicio del otoño de 2023 (49 en invernáculo sin cama caliente y 573 al aire libre), todas provenientes de plantas madre de un año de edad. Los efectos de los distintos tratamientos sobre la supervivencia de los esquejes se evaluaron mediante modelos lineales generalizados mixtos con distribución binomial, debido a la naturaleza de los datos (falta de

homocedasticidad y normalidad), empleando como variable respuesta la supervivencia final (1= vivo, 0= muerto) y utilizando la función `glmmTMB` con el software R (versión 4.1.2; R core Team, 2021). Como efectos aleatorios se consideraron la planta de origen (cada una de las 15 plantas de las que se originaron las primeras estacas para los ensayos de este trabajo) y la estaca (individuo). La selección de los modelos se basó en el criterio de información Akaike (AIC). A partir de los ensayos, se desarrolló un protocolo para optimizar la propagación vegetativa de *S. leucocephalus*.

RESULTADOS

No se detectaron diferencias significativas en la supervivencia de los esquejes según la sección de la rama de la que fueron obtenidos, pero sí entre tratamientos ($P = 0,0427$). La supervivencia en los controles (67,95 %) fue mayor que en las estacas con enraizante (54,65 %) (Fig. 2A). La supervivencia también varió según las condiciones de cultivo, resultando menor en invernáculo con cama caliente (48,57 %) que sin cama caliente (80,71 %, $P < 0,01$) y al aire libre (77,14 %, $P <$



0,01) (Fig. 2B). Las estacas de 20 cm mostraron una supervivencia mayor que las de 10 cm (26,67 %, $P < 0,01$) (Fig. 2C).

Se detectó interacción entre la edad de la planta madre y las condiciones de cultivo. Las estacas obtenidas de plantas madre de un año cultivadas en iscc (80,42 %) presentaron una mayor supervivencia que las de plantas de la misma edad cultivadas al aire libre (al: 57,41 %, $P < 0,01$) y que las plantas madre de tres años cultivadas en ambas condiciones (iscc: 35,71 %, al: 39,68 %, P

$< 0,01$) (Fig. 3A). Las condiciones de cultivo y las diferentes estaciones del año también mostraron interacción, siendo la supervivencia mayor en ambas condiciones para el invierno de 2021 (iscc: 80,71 %, al: 77,14 %, $P < 0,01$) y en iscc para el invierno de 2022 (80,42 %, $P < 0,01$) (Fig. 3B). Además, se puede observar que la supervivencia en el otoño de 2023 fue menor (iscc: 2,04 %, al: 10,82 %) que en los dos ensayos anteriores realizados en invierno de 2021 y 2022 ($P < 0,01$) (Fig. 3B).

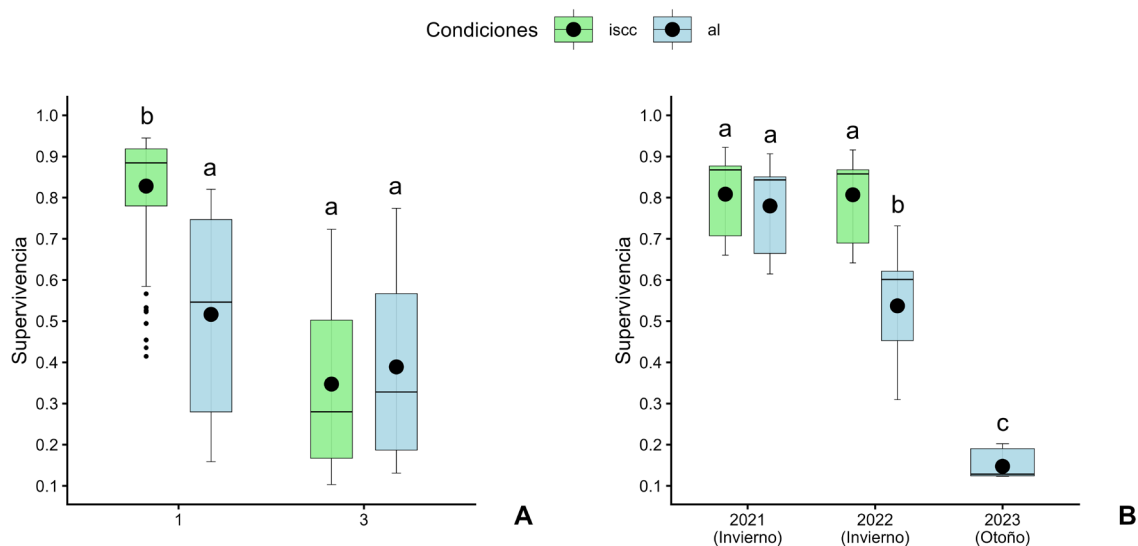


Fig. 3. Supervivencia estimada (proporción) de estacas de *Senecio leucopeplus* en dos condiciones de cultivo: al aire libre (al) e invernáculo sin sistema de cama caliente (iscc). **A:** Supervivencia de esquejes obtenidos durante el invierno a partir de plantas madre de distintas edades (uno y tres años). **B:** Supervivencia de esquejes en diferentes años y estaciones. Letras distintas sobre las cajas indican diferencias significativas ($P < 0,05$), y las barras verticales representan el desvío estándar.

DISCUSIÓN

Este estudio destaca la eficiencia de la propagación por esquejes, por lo que podría constituir una herramienta fundamental para incrementar a corto plazo el tamaño de la población cultivada de *Senecio leucopeplus*, ofreciendo una alternativa prometedora para reducir el riesgo inminente de extinción que enfrenta la especie. Aunque reconocemos que la propagación vegetativa genera individuos genéticamente idénticos y, por lo tanto, limita la diversidad genética dentro la población cultivada (Honnay & Jacquemyn, 2008; Brunton *et al.*, 2021), las bajas tasas de germinación observadas hasta la fecha (Escarza, datos no publicados) justifican concentrar las acciones de conservación urgentes en esta estrategia, mientras se sostienen los esfuerzos para alcanzar resultados mejores con cultivo por semillas. Los resultados obtenidos confirman en gran medida la hipótesis planteada, ya que las estacas más largas, procedentes de plantas madre jóvenes, recolectadas en invierno y cultivadas en invernáculo sin sistema de cama caliente mostraron consistentemente las mayores tasas de supervivencia. Estas tendencias

coinciden con la expectativa de que mayores reservas internas, tejidos más juveniles y un estado fisiológico favorable favorecen el enraizamiento y establecimiento (Hartmann *et al.*, 2011). En contraposición con lo esperado, se observó que el uso de AIB no incrementa la supervivencia respecto al control. Exceptuando este último punto, los resultados respaldan la combinación de tratamientos anticipada como óptima para maximizar el número de individuos disponibles para conservación.

Si bien la posición del esqueje en la rama de la que se lo corta afecta la supervivencia, no parece haber una alternativa óptima, sino que esta varía con la especie (Hartmann *et al.*, 2011). En el caso de *Senecio leucopeplus*, las estacas apicales mostraron mayores porcentajes de supervivencia, seguidas por los esquejes de sectores intermedios y finalmente por los basales, aunque estas diferencias no llegaron a ser estadísticamente significativas. Este patrón coincide con lo descrito para algunas especies de la familia (De Bona *et al.*, 2005; Farras Cabrera, 2020) y puede atribuirse al mayor contenido de auxinas, grado de madurez tisular y concentración de reservas en las zonas terminales de los tallos (Ruíz García *et al.*, 2005; López Acosta

et al., 2008). La mayor supervivencia registrada en estacas de 20 cm respecto a las de 10 cm podría explicarse por factores similares. Tal como sugieren algunos autores (Nyiramvuyekure *et al.*, 2023; Cumara Mamani, 2025; Mafrica *et al.*, 2025), el uso de estacas de un tamaño moderado y con suficientes reservas internas favorece su supervivencia al incrementar el éxito en el enraizamiento, lo que parece cumplirse en el caso de *S. leucocephalus*.

El menor porcentaje de supervivencia para el cultivo en invernáculo con cama caliente nos lleva a desestimar su uso para la reproducción vegetativa de la especie. En cualquier caso, es importante mencionar que nuestras tareas no incluyeron una evaluación de la condición sanitaria de las plantas, ni se utilizaron medidas de esterilización del material vegetal. La caída de la supervivencia de estacas cultivadas con sistema de cama caliente podría relacionarse con la mayor abundancia de insectos fitopatógenos, principalmente áfidos y tisanópteros, observada bajo esas condiciones (Escarza, datos no publicados), o por el efecto de hongos u otros patógenos (Singh *et al.*, 2020; Yusuf *et al.*, 2025). Estos aspectos deberían ser motivo de evaluación antes de desestimar una técnica que, bien aplicada, suele mejorar significativamente el porcentaje de supervivencia (Poliquit & Aquino, 2021). Cada una de las otras dos condiciones testeadas: invernáculo sin cama caliente y cultivo al aire libre, ofrecen distintas ventajas. La primera permite mantener condiciones de cultivo controladas, reduciendo el eventual riesgo de hibridación y la mortalidad por inclemencias climáticas o por efecto de plagas y patógenos (León-Lobos *et al.*, 2018). El cultivo al aire libre, por su parte, podría contribuir al proceso de aclimatación de los ejemplares, evitando la promoción involuntaria de rasgos desadaptativos que podrían reducir su aptitud biológica en el entorno natural (Sun *et al.*, 2022). En consonancia con esta idea, la mayor variación interanual en la supervivencia de estacas se dio bajo condiciones de cultivo al aire libre, lo que representa un escenario que podría asemejarse a las presiones de selección con las que la especie convive en la naturaleza. Como ventaja adicional, el cultivo al aire libre expone a los ejemplares a la acción de los polinizadores nativos, favoreciendo la producción de semillas para otras tareas de cultivo.

El éxito del estacado en plantas perennes también podría estar afectado por la edad ontogénica, dado

que los tejidos fisiológicamente maduros suelen tener menor capacidad de enraizamiento respecto del material juvenil (Leakey, 2014; Wendling *et al.*, 2014). Esto podría deberse a la reducción en la sensibilidad de los tejidos adultos a las sustancias endógenas, la producción de inhibidores de enraizamiento, la reducción de la producción de auxinas, o los niveles fenólicos disminuidos que actúan como cofactores de auxinas (Hartmann *et al.*, 2011). Los resultados obtenidos para *S. leucocephalus* mostrarían este efecto, al menos en el rango de edades evaluado (plantas madre de uno a tres años).

La época de colecta de las estacas es un factor determinante en la supervivencia, con periodos óptimos de colecta que varían entre las especies (Hartmann *et al.*, 2011; Cabello *et al.*, 2017). Condiciones ambientales como la temperatura, la humedad, el nivel de irradiación y el fotoperiodo, modulan el estado fisiológico de la planta madre, como las concentraciones de carbohidratos en el tallo, el balance nutricional y la actividad meristemática, influyendo así en los niveles de promotores e inhibidores de la producción de raíces (Dirr & Heuser, 1987; Gutiérrez Caro, 1995; Hartmann *et al.*, 2011). Esto puede ocurrir cuando las yemas de la estaca se encuentran en un período de dormancia, momento durante el cual la producción de raíces se puede inhibir (Hartmann *et al.*, 2011). Si bien en este trabajo no evaluamos las razones fisiológicas subyacentes, nuestros resultados señalan al invierno como la época más apropiada para el corte de estacas y el inicio del cultivo de *S. leucocephalus*.

En línea con lo reportado para otras especies de asteráceas, los esquejes de *S. leucocephalus* alcanzan un porcentaje de supervivencia levemente superior sin la aplicación de ácido indol butírico (AIB). Dado que la supervivencia de los esquejes depende del establecimiento de raíces funcionales, estos resultados sugieren que la especie podría presentar una alta capacidad de enraizamiento, sin necesidad de aplicar hormonas exógenas (De Bona *et al.*, 2005; Doll *et al.*, 2013). Esto contrasta con lo observado en otras especies de la familia, donde el AIB mejora significativamente el enraizamiento (Farraís Cabrera, 2020; Grigoriadou *et al.*, 2020; Gianguzzi *et al.*, 2024). La eficacia de esta hormona depende fuertemente de la especie, ya que en algunas el tejido ya posee suficiente auxina

endógena o bien presenta una baja sensibilidad hormonal, limitando la respuesta al IBA (Hartmann *et al.*, 2011). Asimismo, pueden intervenir otros factores como la genética, el estado fisiológico de la planta madre, el tipo de estaca y la dosis aplicada, junto a variables ambientales como humedad, temperatura y disponibilidad de reservas internas que pueden modular o incluso anular el efecto de la hormona (Owen & Maynard, 2007; Hartmann *et al.*, 2011; Abha Manohar *et al.*, 2022). Por lo tanto, resulta interesante considerar ensayos futuros que evalúen la respuesta de las estacas a otras hormonas de enraizamiento, incluyendo, por ejemplo, productos formulados a base de ácido naftalén acético (ANA) o diferentes factores ambientales.

En base a los resultados obtenidos se recomienda organizar las tareas de propagación vegetativa de *S. leucocephalus* utilizando estacas de 20 cm de longitud, preferentemente de la sección apical de los tallos, extraídas de plantas jóvenes durante los meses de julio y agosto. *A priori* no se aconseja el uso de enraizante ni de invernáculo con cama caliente, aunque ambas condiciones merecen evaluaciones complementarias bajo condiciones distintas a las testeadas en este trabajo. Se sugiere mantener un stock de plantas bajo invernáculo sin cama caliente para asegurar una mayor supervivencia, reducir el riesgo de pérdidas masivas y disponer de un suministro seguro y continuo de estacas, complementando con un cultivo al aire libre para favorecer la adaptación a condiciones naturales (Fig. 4).

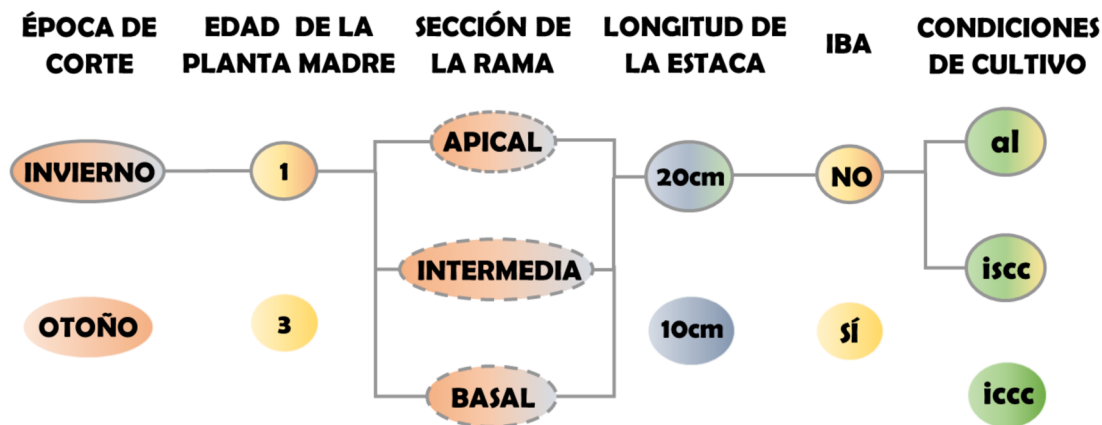


Fig. 4. Protocolo de propagación vegetativa para aumentar el éxito de cultivo de *Senecio leucocephalus* [al: cultivo al aire libre, iscc: invernáculo sin sistema de cama caliente; iccc: invernáculo con sistema de cama caliente, IBA: tratamiento con enraizante (ácido indol butírico)]. El contorno de cada alternativa señala sus efectos sobre la supervivencia de las estacas. Bordes continuos indican aumentos estadísticamente significativos, bordes discontinuos diferencias no significativas, con las opciones que dieron mejores resultados por encima. La ausencia de borde indica la opción asociada con los valores mínimos.

La conservación de una especie al borde de la extinción resulta un desafío complejo. La propuesta de una metodología sistematizada permite continuar con la reproducción de *Senecio leucocephalus* de manera más eficiente, aumentando el número de plantas disponibles de forma rápida y preparando el camino para futuras acciones de reintroducción de la especie en su área de distribución natural. El ajuste de las técnicas de cultivo utilizando modelos

poblacionales con los datos obtenidos permitirá continuar en este camino y proyectar acciones para devolver a la especie a su ambiente natural.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores contribuyeron a la conceptualización, la metodología y la investigación

del estudio. Denisse Escarza realizó la recolección de datos y el análisis formal. El primer borrador del manuscrito fue escrito por Denisse Escarza y todos los autores participaron en la redacción de las sucesivas versiones y del manuscrito final. Todos los autores leyeron y aprobaron el manuscrito final.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Vivero Cultivos Bahía Blanca, que nos brinda asistencia, lugar físico y materiales para el cultivo de los ejemplares. Este trabajo fue financiado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), y por la Universidad Nacional del Sur.

DATOS PRIMARIOS DE INVESTIGACIÓN

Los conjuntos de datos generados y analizados durante el presente estudio están disponibles a través del autor correspondiente, previa solicitud razonable.

BIBLIOGRAFÍA

- ABHA MANOHAR, K., G. SHUKLA, B. ROY & S. CHAKRAVARTY. 2022. Effects of plant growth regulators and growing media on propagation and field establishment of *Stevia rebaudiana*: a medicinal plant of commerce. *CABI Agric. Biosci.* 3: 4. <https://doi.org/10.1186/s43170-021-00072-5>
- BRUNTON, A., D. J. LEE, G. CONROY & S. OGBOURNE. 2021. Clonal reproduction and low genetic diversity in northern Australian *Santalum lanceolatum* (Santalaceae) populations highlights the need for genetic rescue of this commercially significant species. *Forests* 12: 741. <https://doi.org/10.3390/f12060741>
- CABELLO, Á., R. REYES, D. MUÑOZ, D. SUAZO & R. INFANTE. 2017. Propagación vegetativa (*in vitro* y estacas) de *Avellanita bustillosii* Phil. (Euphorbiaceae). *Rev. Jard. Bot. Chagual* 15: 71-81.
- CABRERA, A. 1941. Compuestas Bonaerenses. Revisión de las compuestas de la provincia de Buenos Aires, la Capital Federal y la Isla Martín García. *Rev. Mus. La Plata* 4: 1-450.
- CARDINALE, B. J., J. E. DUFFY, A. GONZALEZ, D. U. HOOPER, ... & S. NAEEM. 2012. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* 486: 59-67. <https://doi.org/10.1038/nature11148>
- CEBALLOS, G., P. R. EHRLICH, A. D. BARNOSKY, A. GARCÍA, ... & T. M. PALMER. 2015. Accelerated modern human-induced species losses: Entering the sixth mass extinction. *Sci. Adv.* 1: e1400253. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1400253>
- CUMARA MAMANI, I. 2025. *Evaluación de la eficiencia de tres enraizantes naturales para la propagación de rosa roja (Rosa spp.) por esquejes en ambiente atemperado en el centro experimental de Kallutaca*. Tesis Doctoral. Universidad Pública de El Alto, Bolivia.
- DE BONA, C. M., L. A. BIASI, F. ZANETTE & T. NAKASHIMA. 2005. Propagação por estaquia de *Baccharis articulata* (Lam.) Pers., *Baccharis trimera* (Less.) AP de Candolle e *Baccharis stenocephala* baker com uso de auxinas. *Rev. Bras. Plant. Med.* 7: 26-31.
- DE KLERK, G. J., W. VAN DER KRIEKEN & J. C. DE JONG. 1999. The Formation of Adventitious Roots: New Concepts, New Possibilities. *In Vitro Cell. Dev. Biol. Plant* 35: 189-199. <https://doi.org/10.1007/s11627-999-0076-z>
- DE VILLALOBOS, A. 2008. *Senecio leucocephalus*: The IUCN Red List of Threatened Species: e.T133711A3874098. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T133711A3874098.en>
- DÍAZ, S., J. FARGIONE, F. S. CHAPIN III & D. TILMAN. 2006. Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biol.* 4: 1300-1305. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- DIRR, M. A. & C. W. HEUSER. 1987. *The reference manual of woody plant propagation. From Seed to Tissue Culture*. Varsity Press, Atenas.
- DOLL, U., C. NORAMBUENA & O. SÁNCHEZ. 2013. Efecto de la aplicación de IBA sobre el enraizamiento de estacas en seis especies arbustivas nativas de la región mediterránea de Chile. *Idesia (Arica)* 31: 65-69. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292013000300009>
- ESCARZA, D. M. 2021. *Botánica Histórica y cultivo experimental para la conservación de Senecio leucocephalus, una planta severamente amenazada*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- FARRAIS CABRERA, E. 2020. *Propagación vegetativa de Allagopappus canariensis utilizando dos sustratos*,

- dos tipos de estaca y reguladores de crecimiento. Tesis de Grado. Universidad de La Laguna, España.
- FERRER-GALLEGO, P., I. FERRANDO, F. ALBERT, V. MARTÍNEZ, ... & E. LAGUNA. 2013. Colecciones *ex situ* de planta viva para la conservación de la planta amenazada *Silene hifacensis*, Rouy ex Willk (Caryophyllaceae). *Cuad. Biodiver.* 43: 1-10. <http://dx.doi.org/10.14198/cdbio.2013.43.01>
- GIANGUZZI, V., E. DI GRISTINA, G. BARONE, F. SOTTILE & G. DOMINA. 2024. Seed germination and vegetative and in vitro propagation of *Hieracium lucidum* subsp. *lucidum* (Asteraceae), a critically endangered endemic taxon of the Sicilian flora. *PeerJ* 12: e16839. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.16839>
- GRIGORIADOU, K., V. SARROPOULOU, N. KRIGAS, E. MALOUPA & G. TSOKTOURIDIS. 2020. GIS-facilitated effective propagation protocols of the endangered local endemic of crete *Carlina diae* (Rech. f.) Meusel and A. Kástner (Asteraceae): serving *ex situ* conservation needs and its future sustainable utilization as an ornamental. *Plants* 9: 1465. <http://dx.doi.org/10.3390/plants9111465>
- GUTIÉRREZ CARO, B. 1995. Consideraciones sobre la fisiología y el estado de madurez en el enraizamiento de estacas de especies forestales. *Cienc. Invest. For.* 9: 261-277. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.1995.228>
- HARTMANN, H. T., D. E. KESTER, F. T. DAVIES & R. L. GENEVE. 2011. *Plant propagation: principles and practices*. Prentice Hall, Nueva Jersey.
- HONNAY, O. & H. JACQUEMYN. 2008. A meta-analysis of the relation between mating system, growth form and genotypic diversity in clonal plant species. *Evol. Ecol.* 22: 299-312. <http://doi.org/10.1007/s10682-007-9202-8>
- IUCN. 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2024-1. Disponible en: <https://www.iucnredlist.org> [Acceso: 29 Agosto 2025].
- LASCURÁIN, M., R. LIST, L. BARRAZA, E. DÍAZ PARDO, ... & V. E. LUNA. 2009. Conservación de especies *ex situ*. *Investigación* 53: 517-544.
- LEAKEY, R. R. B. 2014. Plant cloning: Macro-propagation. En: VAN ALFEN, N. K. (ed.), *Encyclopedia of agriculture and food systems*, vol. 4: 349-359. Elsevier Publishers, San Diego. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00223-0>
- LEÓN-LOBOS, P., M. J. WAY & F. M. ORTEGA. 2018. Planes de conservación *ex situ* de diversidad vegetal aplicados en Chile. En: PÉREZ-QUEZADA, J. & P. RODRIGO (eds.), *Metodologías aplicadas para la conservación de la biodiversidad en Chile*, vol. 1: 187-232. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- LONG, M. A. 2008. *Senecio leucocephalus*: una historia para reflexionar. *Bol. Red Argent. Jard. Bot.* 3: 6-9.
- LONG, M. A. 2018. *Especies comunes y raras en la flora de las Sierras Australes Bonaerenses: causas históricas, ecológicas y ambientales*. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur, Argentina.
- LÓPEZ ACOSTA, F. J., N. R. GUÍO TENJO, G. FISCHER & D. MIRANDA LASPRILLA. 2008. Propagación de uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante diferentes tipos de esquejes y sustratos. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín* 61: 4347-4357.
- MAFRICA, R., M. BRUNO, V. FIOZZO, R. CARIDI & A. SORGONÀ. 2025. Rooting, Growth, and Root Morphology of the Cuttings of *Ficus carica* L.(cv.“Dottato”): Cutting Types and Length and Growth Medium Effects. *Plants* 14: 160. <https://doi.org/10.3390/plants14020160>
- MAXTED, N. 2013. *In situ, ex situ* conservation. En: LEVIN, S. A. (ed.), *Encyclopedia of Biodiversity (Second Edition)*, pp. 313-323. Academic Press, Cambridge.
- NYIRAMVUYEKURE, V., S. K. INOTI & G.O. OBWOYERE. 2023. Stem cutting size influence on sprouting and survival of stem cuttings of African teak (*Milicia excelsa* (Welw.) in Kenya. *J. Hortic. For.* 15: 20-26. <http://dx.doi.org/10.5897/JHF2023.0706>
- OWEN, J. S. Jr. & B. K. MAYNARD. 2007. Environmental effects on stem-cutting propagation: a brief review. En: *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, vol. 57: 558-564. International Plant Propagators' Society, Carlisle.
- PINI, M. 2020. *Al borde de la extinción: medidas urgentes para la conservación de una planta extinta en la naturaleza*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional del Sur, Argentina. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.16008.80643>
- POLIQUIT, D. E. & R. R. AQUINO. 2021. Review of Related Literature: Influence of Bottom Heat and Naphthalene Acetic Acid Application on the Regeneration of *Eugenia (Eugenia myrtifolia* L.) Stem. *JASAE* 17: 325-333.
- R CORE TEAM. 2021. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://R-project.org/>

- RUÍZ GARCÍA, R., J. J. VARGAS HERNÁNDEZ, V. M. CETINA ALCALÁ & Á. VILLEGAS MONTER. 2005. Efecto del ácido indolbutírico (AIB) y tipo de estaca en el enraizado de *Gmelina arbórea* Roxb. *Rev. Fitotec. Mex.* 28: 319-326.
<https://doi.org/10.35196/rfm.2005.4.319>
- SINGH, R. P., S. TIWARI, M. SINGH, A. SINGH & A. K. SINGH. 2020. Important diseases of greenhouse crops and their integrated management: A review. *J. Entomol. Zool. Stud.* 8: 962-970.
- SUN, Q., L. LAI, J. ZHOU, S. YI, ... & Y. ZHENG. 2022. Differences in ecological traits between plants grown *in situ* and *ex situ* and implications for conservation. *Sustainability* 14: 5199.
<https://doi.org/10.3390/su14095199>
- WENDLING, I., S. J. TRUEMAN & A. XAVIER. 2014. Maturation and related aspects in clonal forestry—Part I: Concepts, regulation and consequences of phase change. *New Forests* 45: 449-471.
<https://doi.org/10.1007/s11056-014-9421-0>
- YUSUF, A. G., F. A. AL-YAHYA, A. A. SALEH & A. M. ABDEL-GHANY. 2025. Optimizing greenhouse microclimate for plant pathology: challenges and cooling solutions for pathogen control in arid regions. *Front. Plant Sci.* 16: 1492760.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2025.1492760>

