

COMUNICACIÓN

Los bancos de germoplasma de especies nativas y su rol en la restauración ecológica: abordajes y conclusiones en el I Simposio Internacional de Prácticas de Restauración

Cupari, Selva Yanet¹, Rodriguez Araujo, María Emilia² y Ibañez Moro, Amalia Valeria³

1 Investigador independiente

2 Universidad Nacional del Comahue, Facultad de Ciencias del Ambiente y la Salud, Laboratorio de Restauración y Rehabilitación de Ecosistemas Áridos y semáridos. Bariloche, Argentina.

3 Universidad Nacional de Santiago del Estero, Facultad de Ciencias Forestales, Jardín Botánico. Banco de Germoplasma de Especies Forestales Santiago del Estero, Argentina.

@ selva.cuppari@gmail.com

Recibido: 16/05/2025

Aceptado: 29/07/2025

Resumen. En noviembre de 2023, en Neuquén (Argentina), se llevó a cabo una mesa de trabajo durante el I Simposio Internacional de Prácticas de Restauración Ecológica y III Encuentro Nacional de Restauración Ecológica. El objetivo fue discutir el rol de los bancos de germoplasma en la restauración ecológica. La experiencia organizada por la Red Argentina de Bancos de Germoplasma de Plantas Nativas (Red ARGENA) consistió en una actividad donde se abordaron las siguientes preguntas: ¿Qué aportan los bancos de germoplasma a la restauración ecológica? ¿Por qué conservar especies nativas? ¿Qué desafíos o limitantes presentan en la conservación de semillas para la restauración ecológica y qué estrategias poseen para abordarlos? El análisis de las respuestas destacó términos como semillas y especies (con 14 menciones), conservación (12), conocimientos (10), genética y restauración (9) entre otros. Los motivos para conservar nativas se agruparon en cinco categorías: proveen servicios ecosistémicos, previenen la degradación de los ecosistemas, evitan la pérdida de información, poseen valor de uso y se adaptan a diferentes condiciones climáticas y ambientales. Los principales desafíos planteados fueron la falta de material (semillas nativas) en cantidad y calidad, y la ausencia de conocimientos o protocolos estandarizados en el proceso. Del análisis y discusión de la información concluimos que: a) la restauración ecológica es un tema transversal a diferentes ámbitos, disciplinas e intereses, b) los bancos de germoplasma son cruciales para proporcionar semillas de especies nativas, conservar diversidad genética y generar conocimientos necesarios para la restauración y c) la colaboración interinstitucional es una herramienta valiosa para afrontar las dificultades en la conservación de especies nativas. Este trabajo evidencia la importancia de mejorar la capacidad técnica y edilicia de los bancos y fortalecer los vínculos interinstitucionales para satisfacer la creciente demanda de semillas para la restauración ecológica.

Palabras clave: biodiversidad; conservación; Red ARGENA; semillas.

Abstract. Native species germplasm banks and their role in ecological restoration: approaches and conclusions from the 1st International Symposium on Restoration Practices. In November 2023, a workshop was held in Neuquén (Argentina) during the I International Symposium on Ecological Restoration Practices and the III National Ecological Restoration Meeting. The objective was to discuss the role of germplasm banks in ecological restoration. The experience, organized by the Argentine Network of Germplasm Banks of Native Plants (Red ARGENA), consisted of an interactive activity where the following questions were discussed: What do germplasm banks contribute to ecological restoration? Why conserve native species? What challenges or limitations do you face in the conservation of seeds for ecological restoration, and what strategies do you have to address them? The workshop included the participation of various social actors (nursery growers, students, researchers, and professionals/restorers). The analysis of the responses to the first question using a "word cloud" highlighted terms such as seeds and species (with 14 mentions), conservation (12), knowledge (10), genetics and restoration (9), among others. The reasons for conserving native species were grouped into five categories: they provide ecosystem services, prevent ecosystem degradation, avoid information loss, have use value, and adapt to different climatic and environmental conditions. The main challenges raised were the lack of material (native seeds) in quantity and quality, and the absence of knowledge or standardized protocols in the process. From the development and analysis of this workshop, we conclude that: a) ecological restoration is a cross-cutting issue in different fields, disciplines, and interests, b) germplasm banks are crucial for providing native species seeds, conserving genetic diversity, and generating knowledge necessary for restoration, and c) inter-institutional collaboration is a valuable tool to address the difficulties in the conservation of native species. This work highlights the importance of improving the technical and infrastructural capacity of seed banks and strengthening inter-institutional ties to meet the growing demand for seeds for ecological restoration.

Cómo citar este trabajo:

Cupari, S. Y., Rodriguez Araujo, M. E. y Ibañez Moro, A. V. (2025). Los bancos de germoplasma de especies nativas y su rol en la restauración ecológica: abordajes y conclusiones en el I Simposio Internacional de Prácticas de Restauración. *Semiárida*, 35(Supl.), 107-116.

Key words: biodiversity; conservation; network ARGENA; seeds.

INTRODUCCIÓN

La pérdida de biodiversidad, debido a la creciente degradación ambiental y el cambio climático, es una de las preocupaciones más importantes a nivel mundial. Esta problemática tiene un impacto en la funcionalidad de los ecosistemas y la capacidad de la naturaleza para contribuir al bienestar de las personas (Isbell et al., 2023). Como consecuencia, se ponen en peligro las economías, los medios de vida, la seguridad alimentaria y la calidad de vida de las personas de todo el mundo (Díaz et al., 2019). Ante esta situación, existe un creciente interés político y científico por la restauración ecológica (RE) debido a los múltiples beneficios sociales y ambientales que provee (Sewell et al., 2020), lo que ha resultado en que numerosos países asuman compromisos de restauración en convenios internacionales sobre clima, biodiversidad y desertificación y en la declaración del periodo 2021-2030 como el Decenio de las Naciones Unidas sobre la restauración de los ecosistemas (UN, 2020).

Argentina, en su estrategia nacional de biodiversidad (ENB), incluye a la RE en el marco del cumplimiento de las Metas Aichi, los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS) y del convenio mundial Kunming-Montreal de la diversidad, al que se ha adherido recientemente. Una de las metas de la ENB es impulsar la restauración de ecosistemas degradados a diferentes escalas (locales, de paisajes o regionales) (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible [MAYDS], 2016) con un compromiso de garantizar que para 2030, al menos un 30 % de las zonas de ecosistemas degradados, estén siendo objeto de una restauración efectiva (CBD, 2022).

Existen diferentes técnicas de restauración para afrontar estos objetivos que, según el nivel de intervención sobre el ambiente, se pueden clasificar en regeneración natural prescripta (restauración pasiva), regeneración natural asistida y reconstrucción parcial y total (restauración activa) (Gann et al., 2019). Las técnicas activas de restauración que implican la introducción de vegetación, requieren de material de propagación, ya sea para la siembra directa o para la viverización de plantines, por lo que las semillas de especies nativas son la base de muchos proyectos de RE (Nevill et al., 2018). En consecuencia, el éxito de la restauración se encuentra limitado, en gran medida, por factores relacionados con las semillas, como su disponibilidad, calidad y las condiciones de almacenamiento que pueden causar su deterioro (Cross et al., 2020).

Los bancos de germoplasma son un medio práctico y rentable para la conservación ex situ de material genético a largo plazo, cuyo objetivo es preservar la biodiversidad y la variabilidad genética (Li y Pritchard, 2009). En Argentina existen 23 bancos de germoplasma de especies nativas nucleados en la Red ARGENA (Red Argentina de Bancos de Germoplasma de Plantas Nativas). Estos bancos conservan colecciones de recursos fitogenéticos nativos y naturalizados (árboles, arbustos, herbáceas, cactáceas, etc.) de diferentes regiones fitogeográficas.

En este trabajo se presenta la experiencia realizada en una mesa de trabajo, coordinada por la Red ARGENA, que tuvo lugar en noviembre de 2023 en el I Simposio Internacional de Prácticas de Restauración Ecológica y III Encuentro Nacional de Restauración Ecológica, organizados por la Red de Restauración Ecológica de Argentina (Red REA). En esta actividad se abordaron diferentes preguntas para conocer la percepción de los participantes sobre la relación de los bancos de germoplasma con la RE, las motivaciones para conservar plantas nativas, los desafíos que enfrentan en la conservación de semillas y las estrategias para abordarlos. El objetivo fue analizar la información recopilada en la actividad y vincularla con el estado actual de conocimiento sobre el tema. A raíz de esto, se discute acerca de la importancia de los bancos de germoplasma nativo para la RE y posibles acciones para fortalecer el vínculo de los bancos con la RE.

METODOLOGÍA

La mesa de trabajo “El rol de los bancos de germoplasma en la restauración ecológica” incluyó la presentación de la Red ARGENA y una actividad interactiva donde se abordaron y debatieron tres tópicos disparadores: 1) ¿Qué aportan los bancos de germoplasma a la restauración ecológica?,

2) ¿Por qué conservar plantas nativas? y 3) ¿Qué desafíos en relación con la conservación de semillas y la restauración ecológica poseen en su actividad y cómo podemos abordarlos?

La actividad se desarrolló a través de la dinámica del ovillo, la cual favorece la participación activa, promueve la escucha y visualiza interconexiones. Con un total de 40 participantes, esta metodología consistió en que una persona tome el ovillo, mencione su nombre, ocupación y responda a la pregunta número uno para posteriormente pasar el ovillo a otro compañero. La actividad fue coordinada para asegurar que todos los asistentes completen la consigna. Posteriormente, el grupo se dividió en dos subgrupos para abordar las preguntas restantes. Tanto esta actividad como la anterior fueron registradas en grabaciones de audios para la posterior sistematización de la información.

La transcripción de los audios permitió registrar (de manera manual) la abundancia de cada palabra, organizándolas en una lista para ser incorporadas en un generador de nubes de palabras online (<https://www.nubedepalabras.es/>). Esta información se utilizó para la creación de una nube de palabras, es decir, una representación visual en la que el tamaño de las palabras refleja la frecuencia de aparición de la misma en las respuestas (Zygomatic, 2024).

Por otro lado, la pregunta número 2 se organizó en cinco ejes (en orden de mayor a menor representatividad, según la frecuencia con la que fueron mencionados): a) brindan servicios ecosistémicos, b) previenen la degradación ecosistémica, c) evitan pérdida de información, d) poseen valor de uso y e) se adaptan a diferentes condiciones climáticas y ambientales. Finalmente, los desafíos y los abordajes mencionados en respuesta a la pregunta número 3 se categorizaron y vincularon entre sí.

RESULTADOS

A partir de la transcripción de los audios se clasificaron las ocupaciones de 40 participantes en las siguientes categorías: viverista, estudiante de grado, estudiante de posgrado, investigador y profesional/restaurador (en el ámbito público, privado y ONGs). La categoría más representada fue la de investigador con un 31,6 %, seguida por viveristas de especies nativas (21,1 %). Los estudiantes de grado y profesional/restaurador estuvieron igualmente representadas con un 15,8 %, mientras que en menor medida se observó la participación de docentes y estudiantes de posgrado (7,9 % cada uno) (Figura 1).

1) ¿Qué aportan los bancos de germoplasma a la restauración ecológica?

Las palabras más utilizadas y la frecuencia de aparición fueron: semillas y especies (frecuencia=14), seguidas de conservación (12), conocimientos (10), genética y restauración (nueve), diversidad (seis) y nativas, investigación, importante, futuro, fuente y ecológica con una



frecuencia de cinco cada una (Figura 2).

Figura 1. Ocupación de los participantes de la mesa de trabajo “El rol de los bancos de germoplasma en la restauración ecológica” durante el I Simposio internacional de prácticas de restauración.

Figure 1. Occupations of the participants in the working group “The Role of Germplasm Banks in Ecological Restoration” during the 1st International Symposium on Restoration Practices.



2) ¿Por qué conservar plantas nativas?

Los resultados en relación con esta pregunta se organizaron en los siguientes ejes: brindan servicios ecosistémicos, previenen la degradación de los ecosistemas, evitan la pérdida de información, poseen valor de uso y se adaptan a diferentes condiciones climáticas y ambientales (Figura 3).

Figura 2. Nube de palabras generada con las respuestas a la pregunta “¿Qué aportan los bancos de germosplasma a la restauración ecológica?” en la mesa de trabajo “El rol de los bancos de germosplasma en la restauración ecológica” durante el I Simposio internacional de prácticas de restauración.

Figure 2. Word cloud generated from the responses to the question "What do germplasm banks contribute to ecological restoration?" in the working group "The Role of Germplasm Banks in Ecological Restoration" during the 1st International Symposium on Restoration Practices.



Figura 3. Esquema que refleja las respuestas a la pregunta “¿Por qué conservar plantas nativas?” en la mesa de trabajo “El rol de los bancos de germoplasma en la restauración ecológica” durante el I Simposio internacional de prácticas de restauración.

Figure 3. Diagram reflecting the responses to the question "Why conserve native plants?" in the working group "The Role of Germplasm Banks in Ecological Restoration" during the 1st International Symposium on Restoration Practices.

3) ¿Qué desafíos en relación con la conservación de semillas y la restauración ecológica poseen en su actividad y cómo podemos abordarlos?

Uno de los principales desafíos mencionados fue obtener semillas de alta calidad provenientes de poblaciones naturales de las especies a conservar/restaurar. Esta situación se ve agravada en especies que presentan vecería (producción cíclica de semillas). Por otro lado, mencionaron que existen lagunas en el conocimiento sobre las técnicas adecuadas para el almacenamiento y conservación de las semillas, especialmente en aquellas especies de bajo poder germinativo. Finalmente, se indicó que una gran limitante para la RE de pastizales es la colecta de especies herbáceas a gran escala.

Los abordajes propuestos por los participantes para afrontar estos desafíos se agruparon en cuatro categorías:

1. Poda: implementar técnicas de poda para favorecer la fructificación.

2. Plan de colecta continua: establecer un plan de recolección permanente (todos los años) para asegurar un flujo constante de semillas de diversas especies, independientemente de la variabilidad en la producción.
3. Colaboración interinstitucional/Redes de recolectores y viveros/Capacitación y transferencia de conocimientos: fomentar la cooperación entre distintas instituciones, como recolectores y laboratorios, y la inclusión de la comunidad local en la recolección y propagación de plantas. Realizar programas de capacitación en técnicas de recolección y almacenamiento de semillas, así como fomentar acuerdos e intercambios de experiencias entre los diferentes actores.
4. Escalabilidad en la colecta y trilla: colaboración con escuelas técnicas y facultades de ingeniería para desarrollar maquinaria que permita la escalabilidad en la colecta y el procesamiento de semillas de especies nativas.

DISCUSIÓN

La participación de numerosos investigadores y estudiantes de diferentes niveles educativos se encuentra en concordancia con el desarrollo de la mesa en el marco de un evento académico científico. Además, resulta destacable el alto porcentaje de participación de viveristas de especies nativas, ya que se trata de actores no vinculados al ámbito científico. Este grupo está conformado por personas que se organizaron en busca de una salida laboral a partir de la producción de plantas nativas, lo que los vincula con los procesos de RE y conservación de las especies nativas. En este sentido, diversos autores han mencionado la importancia de la integración y participación activa de diferentes actores sociales, como investigadores, viveristas, estudiantes y ONGs, para el éxito de los procesos de RE (Clewell y Aronson, 2006). La clasificación generada en este trabajo muestra que la mesa estuvo integrada por una elevada diversidad de actores sociales, lo que evidencia un gran interés por la RE en diferentes sectores de la sociedad a nivel nacional y regional. Además, indica que la RE es una temática transversal a diferentes ámbitos, disciplinas e intereses.

En relación con la pregunta ¿Qué aportan los bancos de germoplasma a la restauración ecológica?, la mayor frecuencia de las palabras: semillas, especies, genética, restauración, diversidad, nativas, investigación, importante, futuro, fuente y ecológica; evidencia que los participantes destacaron la importancia de los bancos de germoplasma en aportar, en primera medida, semillas de especies nativas, además de conservar diversidad genética y generar los conocimientos necesarios para la restauración a partir de la investigación. Esto último es fundamental dado que actualmente existe una creciente demanda global de semillas y de conocimientos biológicos y técnicos para su uso eficiente, a fin de ampliar la escala de los proyectos de restauración y hacer frente a los altos niveles de degradación (Turner et al., 2016). En este sentido, la labor de los bancos de germoplasma es esencial para recabar información en aspectos claves. Entre ellos, se encuentran las condiciones de almacenamiento adecuadas para cada especie, sus requerimientos pregerminativos, o diferentes técnicas de mejoramiento de semillas, como la imprimación y los recubrimientos, que podrían mejorar el éxito de la restauración basada en semillas (Pedrini et al., 2020). A nivel nacional hay importantes avances en estos conocimientos, muchos de los cuales han sido desarrollados por los bancos de semillas que integran la Red ARGENA. Algunos de ellos están directamente relacionados con aspectos morfológicos y fisiológicos de las semillas como, la tolerancia a la desecación y la germinación de diferentes especies nativas en diversas condiciones de almacenamiento o en respuesta a factores ambientales (Abdala et al., 2020; Gianninola et al., 2012; Scarfó et al., 2024; Zabala et al., 2011), los patrones de germinación en semillas de diferentes procedencias (Richard et al., 2016; Rodríguez Araujo et al., 2019; Zabala et al., 2009a; 2009b) y los mecanismos de dormancia y los tratamientos pregerminativos para eliminarla (Bertuzzi et al., 2023; Boeri et al., 2019; Ibañez Moro et al., 2021; Milano et al., 2021; Rodríguez Araujo et al., 2021). Por otro lado, hay aspectos relacionados a las plantas o al uso de las especies nativas en la RE, como sus rasgos funcionales (Ibañez Moro et al., 2024), el efecto de las condiciones edáficas en la emergencia de plántulas (Ruiz et al., 2024) y el desempeño en la siembra a campo con fines de restauración (Milano et al., 2024; Rodríguez Araujo

y Pérez, 2023). Otras líneas de investigación en desarrollo, aún no publicadas, incluyen el acondicionamiento osmótico y el recubrimiento de semillas de especies nativas.

Otros aportes señalados por los participantes que demuestran la importancia de los bancos de semillas, son las relacionadas con proyecciones a “futuro”. En este aspecto, la conservación de germoplasma desempeña un papel vital en la protección del conocimiento genético de especies nativas, extintas y plantas cultivadas. La erosión de la diversidad genética debido a las actividades humanas ha llevado a favorecer genes deseables y eliminar aquellos menos preferidos. Esto resulta en la pérdida de material genético, por lo que la conservación ex situ permite garantizar el manejo seguro y la preservación de los recursos genéticos vegetales a largo plazo (León-Lobos et al., 2012).

Por otro lado, se observó una menor frecuencia de palabras que deberían ser consideradas con mayor importancia. Entre ellas se encuentran disponibilidad y calidad con una frecuencia de cuatro y, mientras que cantidad, viabilidad y longevidad registran una frecuencia de una mención cada una. La disponibilidad de semillas en cantidad y calidad es clave para afrontar los compromisos de RE a nivel global. (Cross et al., 2020). Tanto la longevidad como la viabilidad son parámetros que deben ser considerados para definir la calidad de una semilla y su capacidad de almacenamiento (De Vitis et al., 2020). En Argentina, la demanda de semillas de especies nativas usualmente se satisface a través de la recolección en ambientes naturales, ya que no cuenta con un mercado de semillas como ocurre en otros países (De Vitis et al., 2017; Tischew et al., 2011). Los crecientes niveles de degradación y fragmentación imponen dificultades a la recolección en poblaciones naturales debido a la menor disponibilidad de individuos (Broadhurst et al., 2015). Esta situación, sumada a la falta de regulación para garantizar estándares mínimos de calidad de las semillas para la RE, limitan el éxito de los proyectos y las aspiraciones para lograr una recuperación completa de los ecosistemas (Cross et al., 2020).

Los aportes en torno a ¿Por qué conservar plantas nativas? se centraron, principalmente, en la conservación in situ. Si bien la mejor medida de conservación de las poblaciones de plantas es en su hábitat natural (Sarandon, 2020), no siempre se puede garantizar la integridad genética a largo plazo, ya que el ambiente puede sufrir amenazas por la creciente degradación y el avance de actividades agropecuarias (León-Lobos et al., 2012). Para reforzar este tipo de estrategia, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, establece que un complemento importante a la conservación in situ, es implementar mecanismos de conservación ex situ, que contribuyan a la preservación de la diversidad genética fuera de su hábitat natural. En este sentido, la opción de resguardo ex situ se alinea con el debate sobre la importancia de “evitar la pérdida de información”, dado que este tipo de conservación proporciona garantías sólidas para la protección a largo plazo de los recursos genéticos, facilitando su documentación y recopilación sistemática. Otro eje considerado en el debate fue que “las plantas nativas evitan la degradación y contribuyen a la RE”. Así, los bancos de semillas pueden promover la RE con especies clave que brinden servicios ecosistémicos específicos o que posean valor de uso para las comunidades locales, aspectos que también fueron mencionados por los participantes.

Finalmente, en cuanto a la tercera pregunta, se pudo observar que se reconocieron limitantes en todas las etapas de la cadena de suministro de semillas (obtención, procesamiento, análisis de calidad, almacenamiento y uso). Las estrategias mencionadas para afrontarlas son variadas y dependen de la problemática específica, aunque algunas pueden resolver múltiples dificultades (Tabla 1). Por ejemplo, la colaboración institucional, el trabajo con redes de recolectores y de viveros y la transferencia de conocimientos, pueden facilitar el intercambio de información entre instituciones, permitiendo conocer las condiciones de almacenamiento apropiadas para determinadas especies o los tratamientos pregerminativos necesarios para favorecer su germinación. Si bien actualmente persiste la falta de protocolos estandarizados en relación con las semillas de especies nativas (Cross et al., 2020), los participantes reconocieron el papel crucial de los bancos de germoplasma en la generación de conocimiento y señalaron que la colaboración institucional puede contribuir al desarrollo de los protocolos. Sin embargo, no identificaron a los bancos como una herramienta clave para abordar la disponibilidad y calidad de las semillas,

posiblemente porque los perciben como sitios destinados a la conservación ex situ a largo plazo. En general, los bancos de germoplasma han conservado una amplia variedad de especies agrícolas, hortícolas y forestales para garantizar un futuro más sostenible en la producción de alimentos y la adaptación al cambio climático. No obstante, desde la adopción de la Estrategia Global para la Conservación de Plantas en 2002, muchos se han focalizado en plantas nativas (Hay y Probert, 2013). A pesar de ello, la mayoría de los bancos de semillas de plantas nativas no poseen las cantidades suficientes para satisfacer las necesidades de restauración (Wambugu et al., 2023), por lo que se ha propuesto el concepto de “restoration seed banks” (bancos de semillas para la restauración) (Merritt y Dixon, 2011). Estos bancos, se diferencian de los bancos de conservación en diversos aspectos, entre los que se destacan: un plazo de conservación más corto y el suministro de semillas a gran escala obtenidas de manera apropiada. Además, conservan especies nativas comunes y abundantes, en cantidades superiores a la de los bancos de conservación, y especies endémicas o amenazadas que se incorporan a proyectos de restauración (Goodale et al., 2023). Si bien existe en el país una gran cantidad de bancos de semillas de especies nativas, que realizan investigaciones y generan conocimientos de importancia, muchos de ellos se encuentran limitados en su capacidad de almacenamiento y de procesamiento de semillas a gran escala. La creciente demanda de semillas para la RE podría satisfacerse mediante la transformación de los bancos de semillas existentes o la creación de nuevos bancos de semillas para la restauración. Para garantizar el éxito de estos bancos, es esencial contar con el respaldo de políticas que promuevan el fortalecimiento en áreas clave como infraestructura, equipamiento y formación técnica. Estas medidas asegurarían la disponibilidad de semillas de calidad y la investigación de técnicas avanzadas para restaurar ecosistemas de manera eficiente y sostenible.

Limitaciones/Desafíos	Abordaje
Baja disponibilidad de semillas de calidad	Poda para aumentar la producción de frutos
Escasez de semillas en áreas con especies que presentan veería	Plan de colecta continua, todos los años
Vacios de información para almacenamiento y conservación	Colaboración interinstitucional Incorporación de recolectores de semillas locales
Falta de protocolos estandarizados para el almacenamiento de semillas con bajo poder germinativo	Red de recolectores y viveristas Capacitación y transferencia de conocimientos
Colecta de semillas de herbáceas a gran escala	Escalabilidad en la colecta y trilla de semillas

Tabla 1. Vínculo entre los desafíos en relación con la conservación de semillas y la restauración ecológica y los abordajes propuestos por los participantes de la mesa de trabajo “El rol de los bancos de germoplasma en la restauración ecológica” durante el I Simposio internacional de prácticas de restauración.

Table 1. Relationship between the challenges related to seed conservation and ecological restoration and the approaches proposed by the participants of the working group “The Role of Germplasm Banks in Ecological Restoration” during the 1st International Symposium on Restoration Practices.

Otro aspecto importante que surgió del debate fue la incorporación de pobladores locales en redes de recolectores de semillas y de viveros que pueden facilitar la conservación y propagación de especies nativas a través del intercambio de semillas y plántulas (Lacoretz et al., 2021). Además, estos actores se encuentran en contacto permanente con la naturaleza y poseen conocimientos culturales sobre la biodiversidad local, lo que favorece el diálogo de saberes. Esto permite crear un contexto de aprendizaje significativo sobre la RE y la biodiversidad (Pérez et al., 2019). Este enfoque ya ha sido implementado con éxito en otros países. Brasil, por ejemplo, cuenta con numerosas redes de recolectores de semillas para la RE de diferentes biomas (Piña-Rodrigues et al., 2020; Urzedo et al., 2020). Estas redes no solo son fundamentales para la restauración a gran escala, sino que también contribuyen a la inclusión y al desarrollo social, ya que están conformadas, en gran medida, por comunidades tradicionales y marginalizadas (Padovezi et al., 2024; Urzedo et al., 2020).

La dificultad de escalar los procesos de colecta y trilla en especies herbáceas no se restringe únicamente a este grupo, sino que refleja una problemática común a diversas especies. La colaboración con escuelas técnicas o facultades de ingeniería ha demostrado ser eficaz en diversas ocasiones. Por ejemplo, se han desarrollado soluciones como una cosechadora de semillas de

gramíneas nativas de pastizales semiáridos (Porta Siota et al., 2021), una máquina trilladora para frutos de especies del género *Neltuma ex Prosopis* (Verzino et al., 2020), y una escarificadora mecánica de semillas a gran escala para sustituir la escarificación química (Pérez et al., 2024). Estos equipamientos brindan soluciones en diversas etapas de la cadena de suministro de semillas, y si bien fueron diseñados para situaciones puntuales, pueden ser adaptadas a otras especies o ser de utilidad para el diseño de nuevas maquinarias. Esto demuestra que a través del trabajo interdisciplinario se puede dar respuesta a diversas problemáticas relacionadas al suministro de semillas de especies nativas para la RE.

CONCLUSIONES

Este estudio permitió mostrar que la RE es un tema transversal a diferentes ámbitos, disciplinas e intereses. Al mismo tiempo, evidenció que la colaboración interinstitucional representa una herramienta valiosa para afrontar las dificultades en la conservación ex situ de especies nativas y la RE.

Un hallazgo relevante fue que la mayoría de los participantes no reconoció el papel estratégico de los bancos de germoplasma en garantizar la disponibilidad de semillas en cantidad y calidad adecuadas, aspecto crucial para el éxito de la RE. Esto subraya la necesidad de fortalecer la vinculación de la conservación ex situ y la RE con la sociedad. En este sentido, la participación activa de las comunidades, mediante metodologías como la investigación acción participativa (IAP), representa una vía eficaz para alcanzar procesos de restauración sostenibles. La articulación entre bancos de germoplasma y actores sociales, como recolectores y viveristas, permite consolidar redes colaborativas que promuevan la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad, el intercambio de saberes, y la producción de plantas nativas. Este enfoque favorece la cohesión social, refuerza el sentido de pertenencia y compromiso comunitario, y garantiza beneficios ecológicos y económicos a largo plazo. Así, la conservación de los recursos fitogenéticos se integra profundamente a las prácticas locales y regionales.

Finalmente, la existencia de numerosos bancos de semillas de especies nativas en el país, agrupados en la red ARGENA refleja que ya se han establecido redes de cooperación. El fortalecimiento institucional -en infraestructura, equipamiento y recursos humanos- resulta esencial para superar las brechas de conocimiento sobre las especies nativas y responder a la creciente demanda de semillas para la RE.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la REA y al comité organizador del I Simposio Internacional de Prácticas de Restauración Ecológica y III Encuentro Nacional de Restauración Ecológica por la invitación a participar activamente del evento. Además, agradecemos especialmente a quienes participaron de la mesa por sus aportes y el respaldo para realizar esta publicación y al coordinador general de la Red ARGENA, Uriel Mele, por ser parte de la organización de esta actividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdala, N. R., Bravo, S. J., & Acosta, M. (2020). Germinación y efectos del almacenamiento de frutos de *Prosopis ruscifolia* (Fabaceae). *Bosque (Valdivia)*, 41(2), 103-111. <https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000200103>
- Bertuzzi, T., López-Spahr, D., Gómez, C. A., Sühring, S., Malagrina, G., Baskin, C. C., & Galíndez, G. (2023). Variation in seed dormancy of Chaco seasonally dry forest species: Effects of seed traits and population environmental conditions. *Plants*, 12(9), 1790. <https://doi.org/10.3390/plants12091790>
- Boeri, P., Cedrés Gazo, M., Failla, M., Barrio, D., Dalzotto, D., & Sharry, S. E. (2019). Optimum germinative conditions of a multipurpose shrub from Patagonia: *Prosopis alpataco* (Fabaceae). *Darwiniana Nueva Serie*, 7(2), 199-207. <https://dx.doi.org/10.14522/darwiniana.2019.72.817>
- Broadhurst, L., Driver, M., Guja, L., North, T., Vanzella, B., Fifield, G., Bruce, S., Taylor, D., & Bush, D. (2015). Seeding the future—the issues of supply and demand in restoration in Australia. *Ecological Management & Restoration*, 16(1), 29-32. <https://doi.org/10.1111/emr.12148>
- CBD [Convention on Biological Diversity]. (2022). Decision adopted by the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity 15/4: Kunming-Montreal Global Biodiversity Framework. <https://www.cbd.int/doc/decisions/cop-15/cop-15-dec-04-en.pdf>

- Clewell, A. F., & Aronson, J. (2006). Motivations for the restoration of ecosystems. *Conservation Biology*, 20(2), 420–428. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00340.x>
- Cross, A. T., Pedrini, S., & Dixon, K. W. (2020). Foreword: International standards for native seeds in ecological restoration. *Restoration Ecology*, 28(S3), 216-218. <https://doi.org/10.1111/rec.13173>
- De Vitis, M., Hay, F. R., Dickie, J. B., Trivedi, C., Choi, J., & Fiegener, R. (2020). Seed storage: Maintaining seed viability and vigor for restoration use. *Restoration Ecology*, 28, S249-S255. <https://doi.org/10.1111/rec.13174>
- De Vitis, M., Abbandonato, H., Dixon, K. W., Laverack, G., Bonomi, C., & Pedrini, S. (2017). The European native seed industry: Characterization and perspectives in grassland restoration. *Sustainability*, 9(10), 1682. <https://doi.org/10.3390/su9101682>
- Díaz, S., Settele, J., Brondizio, E. S., Ngo, H. T., Guèze, M., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Gann, K. A., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., ... & Dixon, K. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., ... & Dixon, K. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1–S46. <https://doi.org/10.1111/rec.13035>
- Giamminola, E. M., Morandini, M. N., & De Viana, M. L. (2012). Respuesta a la desecación y a la temperatura de almacenamiento del germoplasma de *Prosopis nigra* (Grisebach) Hieron y *Ziziphus místico* Griseb. *Gestión y Ambiente*, 15(1), 19-25.
- Goodale, U. M., Antonelli, A., Nelson, C. R., & Chau, M. M. (2023). Seed banks needed to restore ecosystems. *Science*, 379(6628), 147. <https://doi.org/10.1126/science.adg2171>
- Hay, F. R., & Probert, R. J. (2013). Advances in seed conservation of wild plant species: A review of recent research. *Conservation Physiology*, 1, cot030. <https://doi.org/10.1093/conphys/cot030>
- Ibañez Moro, A. V., Borghetti, F., Galetto, L., Cellini, J. M., & Bravo, S. J. (2024). The influence of seed functional traits and anthropogenic disturbances on persistence and size of the soil seed bank from dry subtropical forest species. *Forest Ecology and Management*, 551, 121524. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121524>
- Ibañez Moro, A. V., Bravo, S. J., Abdala, N. R., Borghetti, F., Chaib, A. M., & Galetto, L. (2021). Heat shock effects on germination and seed survival of five woody species from the Chaco region. *Flora*, 275, 151751. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151751>
- Isbell, F., Balvanera, P., Mori, A. S., He, J. S., Bullock, J. M., Regmi, G. R., ... & Palmer, M. S. (2023). Expert perspectives on global biodiversity loss and its drivers and impacts on people. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 21(2), 94-103. <https://doi.org/10.1002/fee.2536>
- Lacoretz, M. V., Malavert, C., Rolandi, C., Zilli, C., Madanes, N. y Cristiano, P. M. (2021). Caracterización de viveros de plantas nativas y su posible aporte a la restauración de los talares bonaerenses. *Ecología Austral*, 31(2), 242-250. <https://doi.org/10.25260/EA.21.31.2.0.1240>
- León-Lobos, P., Way, M., Aranda, P. D., & Lima-Junior, M. (2012). The role of ex situ seed banks in the conservation of plant diversity and in ecological restoration in Latin America. *Plant Ecology & Diversity*, 5(2), 245-258. <https://doi.org/10.1080/17550874.2012.713402>
- Li, D. Z., & Pritchard, H. W. (2009). The science and economics of ex situ plant conservation. *Trends in Plant Science*, 14(11), 614-621. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2009.09.005>
- MAYDS [Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible]. (2016). Estrategia Nacional sobre la Biodiversidad: Plan de Acción 2016–2020. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estrategia-biodiversidad_2016-2020.pdf
- Merritt, D. J., & Dixon, K. W. (2011). Restoration seed banks: A matter of scale. *Science*, 332, 424-425. <https://doi.org/10.1126/science.1203083>
- Milano, C., Pérez, D. R., Scarfó, M. C., Rodríguez, D. A., Cuppari, S. Y., & Loydi, A. (2024). Seed mass affects emergence but not germination in native grassland forage species. *Restoration Ecology*, e14248. <https://doi.org/10.1111/rec.14248>
- Milano, C., Tizón, F. R., Pelaez, D. V., Martínez, L. C. y Ribet, A. (2021). Germinación de dos especies de Rhynchosia (Fabaceae) nativas de Argentina central útiles para la restauración productiva de pastizales naturales. RIA. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 47(1), 88-97.
- Nevill, P. G., Cross, A. T., & Dixon, K. W. (2018). Ethical seed sourcing is a key issue in meeting global restoration targets. *Current Biology*, 28(24), R1378–R1379. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.11.015>
- Padovezi, A., Adams, C., Chazdon, R. L., Mendonça, M. A., Secco, L., Campos-Filho, E. M., ... & Pinã-Rodrigues, F. (2024). Native seed collector networks in Brazil: Sowing social innovations for transformative change. *People and Nature* 1905-1921. <https://doi.org/10.1002/pan3.10692>
- Pedrini, S., Balestrazzi, A., Madsen, M. D., Bhalsing, K., Hardegree, S. P., Dixon, K. W., & Kildisheva, O. A. (2020). Seed enhancement: getting seeds restoration-ready. *Restoration Ecology*, 28, S266-S275. <https://doi.org/10.1111/rec.13184>
- Pérez, D. R., González, F. del M., Rodríguez Araujo, M. E., Paredes, D. A., & Meinardi, E. (2019). Restoration of society–nature relationship based on education: A model and progress in Patagonian drylands. *Ecological Restoration*, 37(3), 182-191. <https://doi.org/10.3368/er.37.3.182>

- Pérez, D. R., Basaez, P. E., Rodríguez Araujo, M. E., Lagos, L. J., & Campos, D. F. (2024). Low-cost tools for large-scale seed scarification: Efficiency in two species from South American arid lands. *Restoration Ecology*, 32(6), e14114. <https://doi.org/10.1111/rec.14114>
- Piña-Rodrigues, F. C. M., Euler, A. M. C., Freire, J. M., Lima Junior, M., Mendes, A. D. S., Sandim, A. D. A., ... & Urzeda, D. I. (2020). Native forest seeds as an income generator within the forest landscape restoration chain. En S. R. R. Pinto, F. C. Santos & C. Prescott (Eds.), *Forest landscape restoration and social opportunities in the tropical world* (pp. 189-216). Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste – Cepan.
- Porta Siota, F., Petruzzi, H., Sawczuk, N. y Morici, E. (2021). Rehabilitación de pastizales semiáridos: desarrollo de una cosechadora de semillas de gramíneas nativas. *Multequina*, 30(2), 157-164.
- Richard, G. A., Cerino, M., Pensiero, J. F., & Zabala. (2016). Seed dormancy and germination in different populations of the Argentinian endemic halophyte grass, *Sporobolus phleoides* (Poaceae: Chloridoideae). *Australian Journal of Botany*, 64(6), 492-500. <https://doi.org/10.1071/BT15285>
- Rodríguez Araujo, M. E., Milano, C. y Pérez, D. R. (2019). Germinación de *Ephedra ochreata* Miers para la restauración de ambientes áridos en Argentina. *Agrociencia*, 53, 617-629.
- Rodríguez Araujo, M. E., & Pérez, D. R. (2023). From seed germination to established seedlings: A comparative evaluation in five shrub species and implications for seed-based restoration in arid lands. *Restoration Ecology*, 31(6), e13862. <https://doi.org/10.1111/rec.13862>
- Rodríguez Araujo, M. E., Pérez, D. R., Aronson, J., & Cross, A. T. (2021). Filling gaps in seed germination and species selection: Work in progress for dryland restoration in Argentina. *Multequina*, 30(2), 165-180.
- Ruiz, D. T., Pérez, D. R., Giorello, T. V., Rodríguez Araujo, M. E., & Lagos, L. J. (2024). Effect of substrate properties on seedling emergence and its contribution to species selection for direct seeding in arid lands. *Journal of Arid Environments*, 224, 105234. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105234>
- Sarandón, S. J. (2020). *Manejo de la diversidad en los agroecosistemas. Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable* (1.ª ed.). Universidad Nacional de La Plata. <https://doi.org/10.35537/10915/109141>
- Scarfó, M. C., Rodriguez, D. A., Milano, C., & Loydi, A. (2024). Effect of water stress and temperature on seed germination of five perennial grass species of the semi-arid Pampas. *Journal of Arid Environments*, 224, 105211. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105211>
- Sewell, A., Van Der Esch, S., & Löwenhardt, H. (2020). *Goals and commitments for the restoration decade*. PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Tischew, S., Youtie, B., Kirmer, A., & Shaw, N. (2011). Farming for restoration: Building bridges for native seeds. *Ecological Restoration*, 29(3), 219-222. <https://doi.org/10.3368/er.29.3.219>
- Turner, S. R., Erickson, T. E., Muñoz-Rojas, M., & Merritt, D. J. (2016). The restoration seed bank initiative – A focus on biodiverse restoration in the semi-arid Pilbara of Western Australia. *BG Journal*, 13(2), 20-23.
- UN [United Nations]. (2020). Strategy of the United Nations Decade on Ecosystem Restoration. <http://www.decadeonrestoration.org>
- Urzeda, D. I. D., Piña-Rodrigues, F. C., Feltran-Barbieri, R., Junqueira, R. G., & Fisher, R. (2020). Seed networks for upscaling forest landscape restoration: Is it possible to expand native plant sources in Brazil?. *Forests*, 11(3), 259. <https://doi.org/10.3390/f11030259>
- Verzino, G. E., Joseau, M. J. y Frassoni, J. E. (2020). Elaboración de un protocolo de gestión para bancos de germoplasma de especies leñosas de Argentina con semillas ortodoxas: El Protocolo del Banco Nacional de Germoplasma de *Prosopis* (BNGP) – Segunda Parte. *Nexo Agropecuario*, 8(2), 8-18.
- Wambugu, P. W., Nyamongo, D. O., & Kirwa, E. C. (2023). Role of seed banks in supporting ecosystem and biodiversity conservation and restoration. *Diversity*, 15(8), 896. <https://doi.org/10.3390/d15080896>
- Zabala, J. M., Tomas, P. A., Schrauf, G. E., & Giavedoni, J. A. (2009a). Seed dormancy in *Elymus scabrifolius* (Döll) J.H Hunz. *Seed Science and Technology*, 37(1), 241-244. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.1.28>
- Zabala, J. M., Tomas, P. A., Schrauf, G. E., & Giavedoni, J. A. (2009b). Variation in seed germination between *Elymus scabrifolius* (Döll) J.H Hunz. lines from different habitats. *Seed Science and Technology*, 37(1), 245-250. <https://doi.org/10.15258/sst.2009.37.1.29>
- Zabala, J. M., Widenhorn, P., & Pensiero, J. P. (2011). Germination patterns of species of the genus *Trichloris* in arid and semiarid environments. *Seed Science and Technology*, 39(2), 338-353. <https://doi.org/10.15258/sst.2011.39.2.07>
- Zygomatic. (2024). Generador de nube de palabras y creador de nubes de etiquetas gratis y online. <https://www.nubedepalabras.es>