



Editorial

**Salvando especies, restaurando ecosistemas y fortaleciendo comunidades
a través de la ciencia y la colaboración**

Saving species, restoring ecosystems, and strengthening communities
through science and collaboration

Carla Maldonado^{1,2}, Jorge Quezada³, J. Sebastian Tello² & Noelia Álvarez de Román⁴

¹Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Carrera de Biología, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés, Calle 27 y Andrés Bello s/n Cota Cota, 10077– Correo Central, La Paz, Bolivia

²Latin America Department, Missouri Botanical Garden, 4344 Shaw Blvd. St. Louis, MO 63110. USA

³Unidad de Biotecnología Vegetal, Instituto de Biología Molecular y Biotecnología, Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Universidad Mayor de San Andrés, Calle 27 y Andrés Bello s/n Cota Cota, La Paz, Bolivia

⁴Botanic Gardens Conservation International, Descanso house, 199 Kew Road, Richmond, Surrey, TW9 3BW, Inglaterra

*Autor de correspondencia: cmaldonado@fcpn.edu.bo

En las últimas décadas, la presión ejercida por actividades humanas, como la minería, la agricultura extensiva, las quemas no controladas y el cambio climático, ha llevado a la desaparición de numerosas especies de distribución restringida, muchas de las cuales aún no han sido completamente estudiadas o documentadas (Myers *et al.* 2000). Esta situación es particularmente alarmante en países como Bolivia que representan “darkspots” de diversidad vegetal, donde se predice que existen un gran número de especies vegetales no descritas y no registradas (Ondo *et al.* 2024). La pérdida de biodiversidad no solo representa la desaparición de especies que han evolucionado durante millones de años, sino que también implica la pérdida irreversible de la riqueza y los recursos que son esenciales para las personas y para el desarrollo sostenible de los pueblos y países.

En este contexto, se destaca la urgencia de priorizar iniciativas de conservación y restauración de especies y ecosistemas. Es crucial implementar acciones complementarias para maximizar el impacto y reducir la pérdida de biodiversidad, mitigando a su vez el impacto del cambio climático y las amenazas que representan para el planeta y la humanidad. Proyectos recientes como el de conservación de *Cinchona anderssonii*, representan un ejemplo de cómo la conservación comunitaria fundamentada en la ciencia y la colaboración puede tener impactos positivos. *Cinchona anderssonii*, una especie arbórea endémica de Bolivia, se destaca como un caso emblemático dentro del género *Cinchona*, conocido históricamente por su contenido de alcaloides antimaláricos que han salvado millones de vidas a nivel

global (Butler *et al.* 2010). Aunque en Bolivia, *C. calisaya* es la especie más conocida por su alto contenido de alcaloides (Maldonado *et al.* 2017a), también se tienen registros de otras especies del género. Sin embargo, la especie que ha despertado mayor preocupación en términos de conservación es *C. anderssonii*. Esta especie presenta poblaciones extremadamente reducidas y una distribución geográfica muy limitada, lo que ha llevado a su categorización por la UICN como especie en peligro de extinción (Maldonado *et al.* 2017b). La situación de *C. anderssonii* se ve agravada por la presión ejercida por actividades como la minería, la expansión agrícola y la deforestación en sus hábitats naturales (Terán Mita 2021). Aunque los alcaloides y otras propiedades de *C. anderssonii* han sido muy poco exploradas (Maldonado 2016), su estrecha relación con otras especies del género sugiere que podría tener un potencial valor farmacológico significativo que requiere una atención y estudio más detallados. La limitada información disponible sobre esta especie, combinada con su estatus de amenaza, subraya la urgencia de su conservación, no solo desde una perspectiva ecológica y farmacológica, sino también como una estrategia para asegurar la protección de su hábitat y, con ello, la supervivencia de otras especies que podrían estar enfrentando peligros similares y sobre las cuales aún no se dispone de suficiente conocimiento.

En respuesta a esta necesidad, y gracias al apoyo del Botanic Gardens Conservation International (BGCI, <https://www.bgci.org>) y al financiamiento de Franklinia Foundation (<https://fondationfranklinia.org/>), pudimos llevar a cabo el proyecto de conservación de las

poblaciones de *C. andersonii* identificando y documentando las poblaciones existentes y colectando sus semillas en su entorno natural (Fig. 1a). Asimismo, puesto que el trabajo con semillas de especies de las que no se conoce su biología siempre representa un desafío, desde la falta de conocimiento sobre el momento óptimo de su recolección hasta las dificultades en su germinación y cultivo *ex situ*, el trabajo conjunto con la Unidad de Biotecnología Vegetal de la Universidad Mayor de San Andrés (UMSA), nos permitió entender estos aspectos aplicando técnicas de cultivo *in vitro*, un enfoque fundamental para comprender mejor las condiciones de

germinación y lograr, por primera vez, la propagación de esta especie en condiciones controladas (Engelmann 2011). Esto permitió la obtención uniforme de plántulas durante todo el año (Figs. 1b y 1c), lo que facilitó la propagación de esta especie y proporcionó materiales vegetales frescos y axénicos necesarios para estudios posteriores (Al-Ahmad 2020). Así, la capacidad de producir plántulas más resistentes es un factor determinante para el éxito en los esfuerzos de repoblamiento, asegurando que las plantas jóvenes puedan sobrevivir y prosperar en condiciones naturales adversas (Lambers *et al.* 2008).



Figura 1. Proceso de conservación *ex situ* y restauración de *Cinchona andersonii*. **a.** Extracción de semillas de sus cápsulas, **b.** Plántulas obtenidas mediante técnicas de cultivo *in vitro*, **c.** Individuo joven reintroducido en su hábitat natural en Corani Pampa, **d.** Participación activa de niños en el establecimiento y cuidado de las plántulas en actividades de reforestación comunitaria (Fotos: Carla Maldonado y Marcelo Quinteros).

Sin embargo, el éxito de la conservación de especies no depende únicamente de los avances científicos. Un aspecto igualmente crucial es el enfoque en la educación y participación comunitaria, particularmente entre los jóvenes y niños de las comunidades locales (Reyes-García *et al.* 2019) (Figs. 1b y 1d) para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de estos esfuerzos (Liefländer *et al.* 2013). La conservación de una especie no puede considerarse completa sin la implicación activa de las comunidades que habitan en el mismo ecosistema. Es fundamental que la población local comprenda no solo la importancia de conservar la especie en sí, sino también cómo su conservación contribuye a la preservación del entorno natural, del cual dependen para obtener alimentos, agua y otros servicios ambientales esenciales. En este proyecto, hemos creado materiales educativos accesibles, desde cómics para jóvenes y niños hasta videos, actividades lúdicas y experiencias prácticas, que han despertado un notable interés en replicar estos esfuerzos en otras regiones de Bolivia, subrayando la importancia de involucrar a la comunidad en los esfuerzos de conservación.

La participación de las comunidades en actividades prácticas como la siembra, establecimiento y manejo de plantines, no solo refuerza el aprendizaje teórico, sino que también fomenta un sentido de responsabilidad hacia la conservación de la especie y su ecosistema. Este enfoque participativo garantiza que las poblaciones no solo entiendan el proceso de regeneración de una especie, sino que también se conviertan en agentes activos en su cuidado y mantenimiento (Garibaldi & Turner 2004). En nuestra experiencia con *C. andersonii*, el monitoreo continuo de los individuos recién establecidos por las comunidades locales está mostrando resultados favorables, lo que subraya la importancia de integrar el conocimiento científico con el saber local para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del proyecto.

A partir de esta experiencia, se están identificando otras especies nativas prioritarias para conservación. Sin embargo, la realidad actual muestra que el financiamiento disponible es limitado y no permite abordar de inmediato la conservación integral de cada una de las especies que así lo requieren. Ante esta situación, una acción prioritaria y estratégica ha sido la conservación *ex situ* de semillas de especies nativas. Este enfoque asegura un almacenamiento seguro que, en el futuro, cuando los recursos económicos estén disponibles, permitirá realizar estudios más detallados y llevar a cabo esfuerzos de reintroducción en sus hábitats naturales (Bacchetta *et al.* 2008, FAO 2013, Gutiérrez *et al.* 2015). Es así que, con el objetivo de entender mejor las necesidades específicas de cada especie y optimizar su conservación y eventual reintroducción en ecosistemas degradados, se estableció la primera colección de semillas nativas en Bolivia el 26 de julio de 2024. Esta

colección es parte de la Unidad de Ecología Vegetal y Botánica del Instituto de Ecología de la UMSA. Este avance fue posible gracias a un taller internacional organizado con el apoyo del Missouri Botanical Garden (MBG, <https://www.missouribotanicalgarden.org>), donde expertos del Instituto Alexander von Humboldt de Colombia capacitaron a profesionales bolivianos y de países vecinos en el manejo y conservación de semillas. Este taller no solo fortaleció la capacidad técnica en Bolivia, sino que también impulsó la creación de la Red Boliviana y la Red Latinoamericana de Conservación de Semillas, facilitando así la colaboración regional e internacional para hacer más efectivos los esfuerzos de conservación.

Adicionalmente, una de las metas a largo plazo es el establecimiento de una colección viva de estas especies nativas en el Jardín Botánico La Paz, que servirá como una herramienta para la investigación científica y para actividades educativas y de divulgación en torno a la conservación de especies amenazadas y el cuidado del medio ambiente. Sin embargo, la intención es que esta colección viva no permanezca confinada al jardín botánico, sino que se expanda a viveros locales en comunidades seleccionadas. Estos viveros servirán como fuentes de material vegetal para la restauración ecológica en áreas afectadas por la intervención humana o eventos climatológicos adversos, como incendios e inundaciones (Maunder *et al.* 2004). La existencia de estas colecciones vivas, tanto a nivel científico como local, permitirá una respuesta más rápida y efectiva a las necesidades de reforestación, proporcionando plántulas de alta calidad genética y adaptadas a las condiciones locales, lo que es fundamental para el éxito a largo plazo de estos proyectos.

Esta iniciativa también responde a la creciente demanda por parte de las comunidades locales, que buscan información sobre especies nativas adecuadas para proyectos de reforestación y restauración. Aunque actualmente la información disponible sobre muchas de estas especies es limitada, el objetivo final es generar y compartir este conocimiento de manera que los actores locales se conviertan en los principales protagonistas en la implementación de los resultados de nuestras investigaciones. Este enfoque participativo es crucial, ya que empodera a las comunidades y organizaciones involucradas, proporcionándoles no solo las especies nativas adecuadas, sino también las instrucciones detalladas y basadas en evidencia sobre cómo cultivar y manejar estos plantines para maximizar el éxito de los proyectos de reforestación (Oldfield & Newton 2012).

Es imperativo que nuestros resultados no solo lleguen a las comunidades locales, sino que también sean comprendidos, adoptados y co-creados por ellas, de

manera que se conviertan en los principales actores de la continuidad de los procesos de conservación. Como custodios directos de las plántulas una vez reintroducidas en sus hábitats originales, el papel de las comunidades no solo es fundamental para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de estos esfuerzos, sino también para guiar la investigación hacia la resolución de problemas que ellas mismas identifican como prioritarios. La integración de los conocimientos científicos con las prácticas locales, y la colaboración de las comunidades como co-investigadores, ha demostrado ser un factor decisivo en la sostenibilidad de los proyectos de conservación (Berkes *et al.* 2000; Pretty 2003).

Estamos convencidos de que las medidas adoptadas, que abarcan desde la conservación *ex situ* de semillas hasta la implementación de viveros y programas de restauración ecológica con participación comunitaria, constituyen un modelo sostenible y replicable para la conservación de la biodiversidad en Bolivia. No obstante, para ampliar y consolidar estos esfuerzos, es fundamental contar con un apoyo continuo a través de nuevas iniciativas, proyectos y financiamiento. Solo mediante un esfuerzo concertado y el establecimiento de alianzas estratégicas con socios nacionales e internacionales será posible viabilizar las investigaciones y acciones de conservación esenciales, garantizando la preservación de nuestras especies para las generaciones futuras. Este enfoque holístico no solo preserva la biodiversidad, sino que también fortalece la resiliencia de los ecosistemas locales, proporcionando un marco sólido para enfrentar los desafíos ambientales que se avecinan.

Referencias

Al-Ahmad, H. 2020. *In vitro* decoated seed germination and seedling development for propagation of wild mandrake (*Mandragora autumnalis* Bertol.). *Plants* 9(10): <https://doi.org/10.3390/plants9101339>

Bacchetta, G., A. Bueno Sánchez, G. Fenu, B. Jiménez-Alfaro, E. Mattana, B. Piotta & M. Virevaire. 2008. Conservación *ex situ* de plantas silvestres. Principado de Asturias, Gijón.

Berkes, F., J. Colding & C. Folke. 2000. Rediscovery of traditional ecological knowledge as adaptive management. *Ecological Applications* 10(5): 1251–1262.

Butler, A., S. Khan & E. Ferguson. 2010. A brief history of malaria chemotherapy. *The Journal of the Royal College of Physicians of Edinburgh* 40(2): 172–177.

Engelmann, F. 2011. Use of biotechnologies for the conservation of plant biodiversity. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant* 47: 5–16.

FAO. 2013. Genebank standards: for plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.

Garibaldi, A. & N. Turner. 2004. Cultural keystone species: implications for ecological conservation and restoration. *Ecology and Society* 9(3): <https://doi.org/10.5751/ES-00669-090301>.

Gutiérrez, B., C. Magni, & P. Gutiérrez. 2015. Almacenamiento de colecciones de germoplasma *ex situ*. Pp.197-213. En: Gutiérrez, B., R. Ipinza & S. Barros (eds.) Conservación de Recursos Genéticos Forestales. Instituto Forestal, Santiago.

Lambers, H., F.S. Chapin & T.L. Pons. 2008. Plant physiological ecology. *Plant Physiological Ecology* 2 (1): 11-99.

Liefländer, A.K., G. Fröhlich, F.X. Bogner & P.W. Schultz. 2013. Promoting connectedness with nature through environmental education. *Environmental Education Research* 19(3): 370-384.

Maldonado, C. 2016. The quest for *Cinchona*: a phylogenetic approach to understanding the evolution, natural variation and discovery of *Cinchona* bark for the treatment of malaria. Tesis de doctorado, University of Copenhagen, Copenhagen.

Maldonado, C., C.J. Barnes, C. Cornett, E. Holmfred, S.H. Hansen, C. Persson, A. Antonelli & N. Rønsted. 2017a. Phylogeny predicts the quantity of antimalarial alkaloids within the iconic yellow *Cinchona* bark (Rubiaceae: *Cinchona calisaya*). *Frontiers in Plant Science* 8: <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.003921>.

Maldonado, C., C. Persson, J. Alban, A. Antonelli & N. Rønsted. 2017b. *Cinchona anderssonii* (Rubiaceae), a new overlooked species from Bolivia. *Phytotaxa* 297(2): 203-208.

Maunder, M., K. Havens, E. Guerrant & D.A. Falk. 2004. *Ex situ* methods: a vital but underused set of conservation resources. *Ex situ plant conservation: supporting species survival in the wild*. Pp. 3-20. En: Guerrant, E., K. Havens & M. Maunder (eds.) *Ex Situ Plant Conservation: Supporting Species Survival in the Wild*, Island Press, Washington DC.

Muñoz-Ávila, L.M., D. Barragán-Terán & A. Sanhueza-E. 2020. La importancia de la democracia ambiental para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. pp. 77-106. En Vargas Chaves, I., A. Gómez Rey & A. Ibáñez-Elam (eds.) *Escuela de Derecho Ambiental*. Universidad del Rosario, Bogotá.

- Myers, N., R.A. Mittermeier, C.G. Mittermeier, G.A. Da Fonseca & J. Kent. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 403(6772): 853–858.
- Oldfield, S. & A.C. Newton. 2012. Integrated conservation of tree species by botanic gardens: a reference manual. Botanic Gardens Conservation International, Richmond.
- Ondo, I., K.L. Dhanjal-Adams, S. Pironon, D. Silvestro, M. Colli-Silva, V. Deklerck, O.M. Grace, A.K. Monro, N. Nicolson, B. Walker & A. Antonelli. 2024. Plant diversity darkspots for global collection priorities. *New Phytologist* 244: <https://doi.org/10.1111/nph.20024>.
- Pretty, J. 2003. Social capital and the collective management of resources. *Science* 302(5652): 1912–1914.
- Reyes-García V., Á. Fernández-Llamazares, P. McElwee, Z. Molnár, K. Öllerer, S. J. Wilson & E. S. Brondizio. 2019. The contributions of Indigenous Peoples and local communities to ecological restoration. *Restoration Ecology* 27(1): 3-8.
- Terán Mita, T.Á. 2021. Evaluación de los efectos ambientales de la minería aurífera a pequeña escala en el ANMIN-Apolobamba. Tesis de doctorado, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena.