

Opinión

Conservar antes de perder: el valor estratégico de los bancos de germoplasma y repositorios biológicos en la fauna marina argentina

Julio D. Loureiro^{1,2,3}, Juan P. Loureiro^{1,2,3}, y Romina Nuñez Favre^{3,4}.

1 Oceanario Mundo Marino, San Clemente del Tuyú, Buenos Aires, Argentina. ORCID 0009-0005-6096-261X.

2 Fundación Mundo Marino, San Clemente del Tuyú, Buenos Aires, Argentina. ORCID

3 Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

4 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), CABA, Argentina.

ORCID Autores: Loureiro, Julio D. : <https://orcid.org/0009-0005-6096-261X> Correspondencia: loureirojd@gmail.com

Loureiro, Juan P. : <https://orcid.org/0009-0002-8470-3477> Nuñez Favre, Romina: <https://orcid.org/0000-0001-6792-0141>

Introducción

La pérdida acelerada de biodiversidad plantea nuevos desafíos para la conservación de la fauna silvestre, que ya no pueden abordarse únicamente desde la protección del hábitat. En este contexto, los bancos de germoplasma (Wildt et al., 1997) y los repositorios modernos de muestras biológicas (Ryder y Onuma, 2018) se han convertido en herramientas estratégicas a nivel mundial. En esta nota se analiza su importancia, su aplicación en programas de conservación y reproducción asistida, y se presenta la experiencia desarrollada en la Argentina a partir del trabajo del Oceanario y de la Fundación Mundo Marino, como base para la creación de un Centro de Germoplasma y un Repositorio de Muestras Biológicas de Fauna Silvestre.

Pérdida de variabilidad genética y posibilidad de extinción.

Desde hace décadas, la reducción y fragmentación de las poblaciones de fauna marina constituye uno de los problemas más graves que enfrenta la conservación de la biodiversidad a nivel global (Schlaepfer et al., 2018, Fruet et al., 2014). En la Argentina, al igual que en muchas otras regiones del mundo, un número creciente de especies marinas se encuentra sometido a una presión cada vez mayor como consecuencia de la degradación de los ecosistemas costeros y oceánicos, la sobreexplotación pesquera, la

contaminación, el cambio climático y la captura incidental, entre otros factores de origen antrópico. A estas amenazas se suman otros procesos menos visibles pero igualmente críticos, como las fallas reproductivas, la aparición de enfermedades emergentes y los eventos de mortalidad masiva asociados a causas naturales, que pueden provocar disminuciones abruptas en el tamaño de las poblaciones. Más aún, cuando el número de individuos se reduce por debajo de ciertos umbrales, estamos viendo la punta del iceberg, porque posiblemente se reduzca más drásticamente la variabilidad de la población a través de la reducción en el tamaño efectivo de la población (Crow y Kimura, 1970). Este número es inversamente proporcional al coeficiente de consanguinidad o endogamia, y refleja mejor la reducción en la variabilidad genética, componente esencial para la capacidad de adaptación y supervivencia de cualquier especie a largo plazo.

Estrategias para aumentar el tamaño efectivo y disminuir el peligro de extinción

Tradicionalmente, la conservación de la fauna marina se ha apoyado principalmente en estrategias in-situ, es decir, en la protección de las especies dentro de sus ambientes naturales. Sin embargo, la magnitud y la velocidad de los cambios que afectan actualmente a los océanos han demostrado que estas medidas, si bien indispensables, en muchos casos ya no son suficientes por sí solas. Jog et al. (2022) examinaron las tendencias de investigación sobre interacciones directas e indirectas entre mamíferos marinos y pesquerías en artículos publicados entre 1995 y 2021. Su análisis destaca que la captura incidental sigue siendo una preocupación mayor y concluye que “a pesar de la amplia literatura sobre este tema, aún no existe una solución milagrosa para la gestión de las interacciones de los mamíferos marinos con la pesca”.

Las estrategias modernas de conservación integran cada vez más acciones ex-situ, centradas en el manejo directo de individuos bajo condiciones controladas, con el objetivo de preservar linajes genéticos, desarrollar programas reproductivos y generar información biológica crítica para la gestión de las especies. En este contexto, la biología y la fisiología reproductiva, junto con las biotecnologías asociadas, han adquirido un papel central. Herramientas como la inseminación artificial, la criopreservación de gametos y embriones, y el almacenamiento de tejidos y muestras biológicas han pasado de ser técnicas experimentales a constituir componentes habituales de los programas de conservación en numerosos países.

Los bancos de germoplasma

En términos generales, se denomina germoplasma al conjunto de recursos genéticos de una especie, incluyendo gametos, embriones, células y diversos tipos de tejidos, que pueden ser conservados con el objetivo de preservar su información biológica, reproducir individuos o desarrollar estudios científicos. Los bancos de germoplasma constituyen, por lo tanto, infraestructuras especialmente diseñadas para el registro, la obtención, procesamiento, criopreservación y almacenamiento a largo plazo de este

material biológico bajo condiciones controladas. En el caso de la fauna marina, estos bancos adquieren un valor estratégico particular. Muchas especies presentan poblaciones reducidas, distribuciones amplias o hábitos oceánicos que dificultan enormemente el acceso regular a individuos vivos para estudios reproductivos, sanitarios o genéticos. A esto se suman las crecientes restricciones éticas y legales para la toma de muestras en la naturaleza, especialmente en mamíferos marinos, aves marinas y grandes peces cartilagosos.

Repositorios de muestras biológicas

Paralelamente a los bancos de germoplasma, los repositorios de muestras biológicas cumplen una función complementaria de enorme importancia. Estos repositorios no se limitan al almacenamiento de gametos o embriones, sino que incluyen tejidos, sangre, suero, órganos y muestras destinadas a estudios genéticos, histopatológicos, toxicológicos, microbiológicos y epidemiológicos, entre otros. A diferencia de las colecciones biológicas tradicionales conservadas en museos, estas muestras se preservan mediante técnicas que garantizan su integridad molecular, permitiendo su utilización en las modernas metodologías de análisis genético y biología molecular. Desde una perspectiva aplicada, este tipo de infraestructuras ofrece múltiples ventajas para la conservación y el manejo de la fauna marina. Entre ellas se destacan la posibilidad de preservar diversidad genética sin necesidad de mantener animales en cautiverio, facilitar programas de reproducción asistida, reducir los riesgos asociados a la endogamia en poblaciones pequeñas, y generar una fuente permanente de material biológico de alta calidad para investigación científica. Asimismo, los repositorios de muestras biológicas constituyen herramientas de enorme valor para el monitoreo ambiental a largo plazo. Las muestras conservadas permiten reconstruir retrospectivamente la historia de la exposición de las poblaciones marinas a contaminantes químicos, metales pesados, toxinas naturales o patógenos emergentes, aportando información clave para comprender procesos de deterioro ambiental que, de otro modo, pasarían inadvertidos.

En este sentido, los bancos de germoplasma y los repositorios biológicos han trascendido su rol de 'archivos congelados' para transformarse en plataformas estratégicas al servicio de la sanidad animal, la gestión de recursos naturales y la ciencia interdisciplinaria. Esta evolución los ha posicionado como componentes estructurales de las políticas de conservación de fauna silvestre en numerosos países. El cambio refleja una visión más profunda del área: la protección de espacios naturales ahora se complementa con la preservación activa de la información biológica, una herramienta crítica para que las especies logren adaptarse, recuperarse y sobrevivir en entornos cambiantes.

La experiencia de otras naciones

Un referente temprano en este campo es el programa desarrollado por la Smithsonian Institution a través del Smithsonian Conservation Biology Institute (Estados Unidos), que mantiene desde la década de 1970 una colección criogénica de recursos biológicos de fauna silvestre —conocida como “Frozen Zoo”— integrada por miles de muestras celulares, tejidos y gametos correspondientes a numerosas especies. Estas colecciones han sido empleadas de manera sistemática en estudios de genética poblacional, reproducción asistida y manejo de poblaciones ex situ, constituyendo una herramienta complementaria para la conservación de especies amenazadas.

En Europa, diversos países han establecido bancos y redes nacionales de recursos genéticos orientados inicialmente a especies domésticas y de interés agropecuario, pero progresivamente ampliados a la preservación de material biológico de fauna silvestre, integrando estrategias de conservación ex situ y de investigación genética (De Oliveira Silva et al., 2018).

De forma paralela, Australia ha implementado programas específicos de preservación genética enfocados en marsupiales nativos, mientras que China ha realizado inversiones a gran escala en infraestructura de biobancos de biodiversidad, entre las que destaca el China National GeneBank, concebido como plataforma estratégica para la conservación y el aprovechamiento científico de sus recursos genéticos.

Más allá de las particularidades regionales, todos estos programas comparten una misma lógica: centralizar, preservar y poner a disposición material biológico de alta calidad para su utilización en proyectos científicos, sanitarios y de conservación. En muchos casos, estas infraestructuras funcionan además como nodos de redes internacionales de intercambio de información y muestras, lo que potencia enormemente su impacto científico y su utilidad práctica.

La experiencia internacional demuestra que los países que han incorporado tempranamente estas herramientas no solo han fortalecido sus capacidades de conservación, sino que también han generado plataformas de investigación de enorme valor estratégico, difíciles de replicar una vez que las poblaciones naturales han colapsado o desaparecido. En la Argentina, el desarrollo de estrategias modernas de conservación genética de la fauna marina no surgió a partir de un diseño teórico previo ni de políticas gubernamentales, sino como una consecuencia natural de décadas de trabajo en rehabilitación, medicina veterinaria, investigación biológica y manejo de especies silvestres en ambientes controlados. En este contexto, la experiencia del Oceanario y la Fundación Mundo Marino constituye un ejemplo concreto de cómo la práctica clínica y el trabajo de campo pueden transformarse progresivamente en plataformas de generación de conocimiento y conservación a largo plazo. Desde fines de la década de 1970, la actividad sostenida en rescate y rehabilitación de mamíferos y aves marinas a lo largo de la costa bonaerense permitió no solo asistir a miles de animales afectados por diversas causas, sino también a acumular una experiencia única en el manejo clínico, sanitario y biológico de estas especies. Este proceso derivó naturalmente en el desarrollo de líneas de investigación orientadas a comprender mejor la biología, la

fisiología y la reproducción de especies que, hasta ese momento, eran muy poco conocidas desde el punto de vista médico-veterinario en nuestro país.

Uno de los hitos más significativos de este trayecto fue la implementación de programas reproductivos sistemáticos en aves y mamíferos marinos. El desarrollo y la optimización de estas técnicas permitieron alcanzar objetivos inéditos en Argentina. Estos logros no solo aseguraron la sostenibilidad de las poblaciones bajo cuidado profesional, sino que posicionaron a la institución como un referente regional e internacional en la aplicación de biotecnologías reproductivas en fauna marina.

En cuanto a las aves marinas, el éxito con flamencos y pingüinos de Magallanes fue posible gracias a una reingeniería de su entorno. La implementación de nidos artificiales y sistemas de presión positiva, junto con un control estricto de las áreas de cría, incrementó significativamente las tasas de supervivencia y los indicadores reproductivos.

En mamíferos marinos, el modelo más exhaustivo se desarrolló con el delfín de Lahille (*Tursiops truncatus geophyreus*). El proceso incluyó desde la estandarización de la evaluación seminal y criopreservación, hasta la implementación de biotecnologías avanzadas como la sincronización de celos e inseminación artificial. Gracias al monitoreo ecográfico sistematizado, se determinó por primera vez en esta subespecie el crecimiento fetal y la duración gestacional. Asimismo, pudo realizarse un registro detallado del parto, documentando su duración, la presentación y posición fetal, y los patrones de comportamiento materno-neonatal. Finalmente, los estudios de morfología espermática mediante microscopía óptica y electrónica generaron información científica inédita.

Por su parte en pinnípedos, se lograron reproducciones exitosas en el lobo marino de dos pelos sudamericano (*Arctocephalus australis*) y en el león marino sudamericano (*Otaria flavescens*), aportando conocimiento aplicado sobre manejo reproductivo, comportamiento parental y neonatología en estas especies.

En este contexto, la obtención, evaluación y conservación de semen dejó de ser una meta teórica para transformarse en una necesidad, dando origen a las primeras experiencias sistemáticas de conformación de un banco de germoplasma de mamíferos marinos. Así, cada procedimiento reproductivo y cada paciente atendido no solo representaron un logro clínico inmediato, sino también una oportunidad para preservar información genética de alto valor para la conservación futura.

Un ejemplo particularmente relevante de este proceso ocurrió en el año 2019, a partir de un varamiento masivo de orcas en la zona de La Caleta (provincia de Buenos Aires), que involucró a siete ejemplares. A raíz de este evento, y tras la muerte de uno de los individuos, se aplicaron biotecnologías reproductivas para la recuperación espermática epididimal y la recuperación de material genético. La muestra obtenida resultó de buena calidad y por lo tanto, fue inmediatamente procesada para su criopreservación en nitrógeno líquido. Este material constituye actualmente una de las muestras de espermatozoides de orca más valiosas conservadas en el país.

A ello se suma la conservación de semen de especies amenazadas como la marsopa espinosa (*Phocoena spinipinnis*) y el delfín de Lahille (*Tursiops truncatus geophyreus*), una subespecie considerada en estado crítico de conservación por la Unión Internacional

para la Conservación de la Naturaleza La existencia de este material genético preservado no solo tiene un valor simbólico o histórico, sino que representa una herramienta concreta para futuros estudios genéticos, reproductivos y de conservación de estas especies altamente sensibles.

Paralelamente, las necropsias sistemáticas de animales varados y de aquellos que no lograron sobrevivir a la rehabilitación generaron, a lo largo de los años, un volumen significativo de muestras biológicas de altísimo valor científico. Muestras de sangre y diferentes tejidos pertenecientes a una amplia diversidad de especies marinas, forman parte del banco biológico de la Fundación. En la actualidad, la Fundación Mundo Marino cuenta con una seroteca, es decir, un banco de almacenamiento de suero y plasma sanguíneo, registradas y conservadas bajo estrictas condiciones de bioseguridad. Estas muestras constituyen un recurso de enorme valor para estudios retrospectivos de exposición a contaminantes, epidemiología y biología de poblaciones marinas. Asimismo, se cuenta con un archivo de material histopatológico, que se encuentra resguardado en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de La Plata, en el marco de un Convenio Marco de cooperación entre ambas instituciones. Este archivo histológico que representa una colección única, acumulada a lo largo de décadas, documenta la historia sanitaria y biológica de numerosas especies de fauna marina de la Argentina. A esto se añade una sólida red de colaboración científica con universidades, centros de investigación y organismos oficiales, tanto nacionales como internacionales. Esta alianza ha permitido articular enfoques veterinarios, biológicos, genéticos, toxicológicos y ambientales en diversos proyectos, dicha dinámica interdisciplinaria constituye el pilar fundamental que sustenta las estrategias de conservación de las especies y sus hábitats.

De este modo, lo que comenzó como un esfuerzo centrado en la asistencia y recuperación de ejemplares particulares, evolucionó hacia una visión más integral. En este enfoque, la preservación de muestras biológicas trasciende al individuo para integrarse en una red de conservación orientada a la protección de las especies y la salvaguarda de su patrimonio genético a largo plazo.

Más allá de su importancia desde el punto de vista reproductivo y genético, los bancos de germoplasma y los repositorios de muestras biológicas constituyen herramientas de enorme valor para el estudio de la sanidad y el estado ambiental de las poblaciones de fauna marina. Cada muestra conservada representa, en esencia, una “fotografía biológica” de un individuo y de su entorno en un momento determinado del tiempo.

La posibilidad de analizar retrospectivamente diferentes muestras biológicas permite reconstruir la historia sanitaria de las poblaciones, identificar la presencia y la evolución temporal de agentes infecciosos, así como detectar la emergencia de nuevas enfermedades o cambios en los patrones epidemiológicos. En un contexto de océanos sometidos a presiones crecientes, esta información resulta clave para anticipar escenarios de riesgo y orientar estrategias de manejo y conservación. Del mismo modo, estas colecciones ofrecen una oportunidad única para el monitoreo de contaminantes ambientales. Metales pesados, compuestos orgánicos persistentes, biotoxinas y otros contaminantes pueden ser cuantificados en muestras históricas y comparados con datos actuales, permitiendo evaluar tendencias de acumulación, procesos de biomagnificación

y posibles impactos subletales sobre la salud de los organismos marinos. Desde una perspectiva poblacional, el acceso a material biológico preservado en el tiempo facilita estudios genéticos destinados a evaluar niveles de diversidad, estructura poblacional, conectividad entre regiones y posibles cuellos de botella demográficos. Esta información es esencial para diseñar planes de manejo basados en evidencia científica y no únicamente en criterios administrativos o geográficos.

Asimismo, estos repositorios constituyen una plataforma de apoyo fundamental para investigaciones interdisciplinarias que integran la veterinaria, la biología, la ecotoxicología, la genética y la epidemiología. En este sentido, su valor trasciende ampliamente el ámbito académico y se proyecta hacia la gestión ambiental, la conservación aplicada y la formulación de políticas públicas basadas en datos objetivos. En conjunto, los bancos de germoplasma y los repositorios biológicos no solo preservan información genética para un uso futuro, sino que se transforman en verdaderos archivos dinámicos de la historia biológica y ambiental de los mares, cuyo valor científico y estratégico aumenta con el paso del tiempo.

La experiencia acumulada en la Argentina a lo largo de más de cuatro décadas en el ámbito de la rehabilitación, la investigación veterinaria y el manejo de fauna marina demuestra que existen las capacidades humanas, técnicas y científicas necesarias para dar un paso más ambicioso: la consolidación de un Centro de Germoplasma y un Repositorio de Muestras Biológicas de Fauna Marina con proyección nacional y regional. Lejos de partir de cero, este proceso puede apoyarse en estructuras y colecciones existentes como la seroteca, el archivo histopatológico y las primeras colecciones de germoplasma de mamíferos marinos. La integración, estandarización y expansión de estos recursos permitiría no solo optimizar su uso científico, sino también garantizar su preservación a largo plazo bajo criterios unificados de calidad, bioseguridad y trazabilidad.

Un centro de estas características no debería concebirse como una iniciativa aislada, sino como un nodo dentro de una red de cooperación entre instituciones públicas y privadas, universidades, organismos de investigación y entidades de gestión ambiental. Su función no sería únicamente conservar material biológico, sino también facilitar el acceso a estas colecciones para proyectos científicos, sanitarios y de conservación, promoviendo un uso responsable, regulado y estratégico de los recursos disponibles. En un país con una extensa plataforma continental, una biodiversidad marina notable y una creciente presión sobre sus ecosistemas oceánicos, contar con una infraestructura de este tipo representa mucho más que un avance científico: constituye una herramienta estratégica para la toma de decisiones en materia de conservación, sanidad animal y manejo de recursos naturales. La consolidación de un centro de germoplasma y un repositorio de muestras biológicas de fauna marina permitiría, además, fortalecer la posición de la Argentina dentro de las redes internacionales de conservación genética, favoreciendo el intercambio de información, la cooperación científica y la participación en programas globales orientados a la preservación de especies amenazadas.

Conclusión

Debemos señalar que preservar hoy el material biológico de las especies marinas no es solo una inversión en conocimiento, sino también un acto de responsabilidad hacia las generaciones futuras. En un contexto de cambios ambientales acelerados y de pérdida sostenida de biodiversidad, la información genética, sanitaria y ecológica que no se conserve ahora será, sencillamente, imposible de recuperar mañana. La conservación moderna ya no puede limitarse a proteger espacios o a rescatar individuos: debe también preservar la información biológica que define a las especies. En este sentido, los bancos de germoplasma y los repositorios de muestras biológicas representan una de las herramientas más poderosas para asegurar que la biodiversidad marina no sea solo un patrimonio del pasado, sino también una posibilidad real para el futuro.

Referencias

- Crow, J. F., y Kimura, M. 1970. *An introduction to population genetics theory*. Harper and Row.
- De Oliveira Silva, R., Vosough Ahmadi, B., Hiemstra, S. J., y Moran, D. 2019. Optimizing ex situ genetic resource collections for European livestock conservation. *Journal of Animal Breeding and Genetics*. 136:63–73. <https://doi.org/10.1111/jbg.12368>
- Fruet, P.F., Secchi, E.R., Daura-Jorge, F. et al. 2014. Remarkably low genetic diversity and strong population structure in common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) from coastal waters of the Southwestern Atlantic Ocean. *Conserv Genet* 15:879–895. <https://doi.org/10.1007/s10592-014-0586-z>
- Jog, K., Sutaria, D., Diedrich, A., Grech, A., y Marsh, H. 2022. Marine mammal interactions with fisheries: review of research and management trends across commercial and small-scale fisheries. *Frontiers in Marine Science*. 9:758013. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.758013>.
- Ryder, O. A., y Onuma, M. 2018. Viable cell culture banking for biodiversity characterization and conservation. *Annual Review of Animal Biosciences*. 6:83–98. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-030117-014556>.
- Wildt, D. E., Rall, W. F., Critser, J. K., Monfort, S. L., Seal, U. S. 1997. Genome resource banks: living collections for biodiversity conservation. *BioScience*, 47:689–698. <https://doi.org/10.2307/1313209>.
- Schlaepfer, D. R., Braschler, B., Rusterholz, H.-P., Baur, B. 2018. Genetic effects of anthropogenic habitat fragmentation on remnant animal and plant populations: a meta-analysis. *Ecosphere*, 9(10), e02488. <https://doi.org/10.1002/ecs2.2488>.