

## BIOPSIAS EN MAMÍFEROS MARINOS MÁS ALLÁ DE LA PIEL

La biopsia de piel y grasa es una técnica mínimamente invasiva que ofrece información valiosa sobre animales silvestres, siendo fundamental para su conservación.

**Iris Cáceres-Saez y Natalia Federico**

En los mamíferos, la piel recubre toda la superficie externa del cuerpo y es uno de los órganos más importantes, tanto por su extensión como, en algunas especies, por su peso. Cumple funciones esenciales al actuar como la primera barrera de protección frente al entorno, a la vez que participa activamente como sistema de comunicación con el medio. La piel de los mamíferos marinos presenta adaptaciones morfo-funcionales que reflejan su especialización a la vida en ambientes acuáticos. Los cetáceos, que incluyen odontocetos (con dientes), y ballenas y rorcuales (con barbas) son mamíferos totalmente acuáticos de piel glabra, descendientes de los artiodáctilos (ver Glosario) terrestres (que tienen pelo). En los cetáceos, la piel carece de pelo, glándulas sudoríparas y sebáceas, y se caracteriza por una epidermis enriquecida en lípidos que se renueva rápidamente, permitiendo mantener una superficie hidrodinámica y libre de organismos adheridos. La termorregulación y reserva energética se logran principalmente debido a una gruesa capa de grasa subcutánea (conocido como *blubber*, en inglés). Por su parte, los fócidos (elefantes marinos) y otáridos (lobos marinos) son mamíferos pinnípedos que conservan un pelaje durante toda su vida, aunque

este no siempre cumple una función principal de aislamiento térmico. Su piel posee glándulas cutáneas activas y presenta una muda anual sincronizada con períodos de descanso en tierra. Al igual que en los cetáceos, la grasa en los pinnípedos cumple un rol fundamental en el aislamiento térmico, la flotabilidad y el almacenamiento energético. Estas características reflejan las distintas estrategias adaptativas que han desarrollado ambos grupos dentro del contexto marino, respondiendo a sus hábitos de vida, patrones de buceo y requerimientos ecológicos.

### Conociendo la estructura de su piel

La piel de los mamíferos marinos conserva la organización histológica básica de los mamíferos terrestres, sin embargo, presenta adaptaciones morfo-funcionales específicas que permiten su supervivencia en el medio acuático (ver Figura 1). Anatómicamente, esta estructura se divide en tres capas principales: epidermis, dermis e hipodermis (o tejido subcutáneo), cada una con características particulares según el grupo taxonómico (ver Tabla 1). La epidermis, es la capa más externa, y está formada por un epitelio estratificado escamoso queratinizado. En cetáceos, esta capa puede ser significativamente más gruesa que en otros mamíferos y presenta una tasa de recambio celular extremadamente elevada, contribuyendo a mantener una superficie hidrodinámica y a prevenir infecciones cutáneas. En pinnípedos, la renovación epidérmica ocurre principalmente durante la muda anual, proceso fisiológico que también se asocia con el descanso y el ayuno en tierra firme. La epidermis de muchas especies contiene altos niveles de lípidos, lo cual refuerza su función como barrera ante la pérdida de agua y la exposición al medio salino. Por debajo de esta se encuentra la dermis, compuesta por tejido conectivo denso, con una abundante red de fibras de colágeno y elastina que proporcionan resistencia y elasticidad. En pinnípedos se encuentran glándulas sebáceas y sudoríparas activas, así como folículos pilosos funcionales, estructuras ausentes o vestigiales en cetáceos adultos. Esta capa también

**Palabras clave:** cetáceos, epidermis, grasa, pinnípedos, tejido vivo.

**Iris Cáceres-Saez**<sup>1,2</sup>

Dra. en Ciencias Biológicas  
caceres.saez@gmail.com

**Natalia Federico**<sup>2,3</sup>

Lic. en Biología  
nvfederico2@gmail.com

<sup>1</sup> Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia" (MACNBR).

<sup>2</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Río Negro, Sede Atlántica (UNRN).

Recibido 05/05/2025. Aceptado: 10/06/2025.

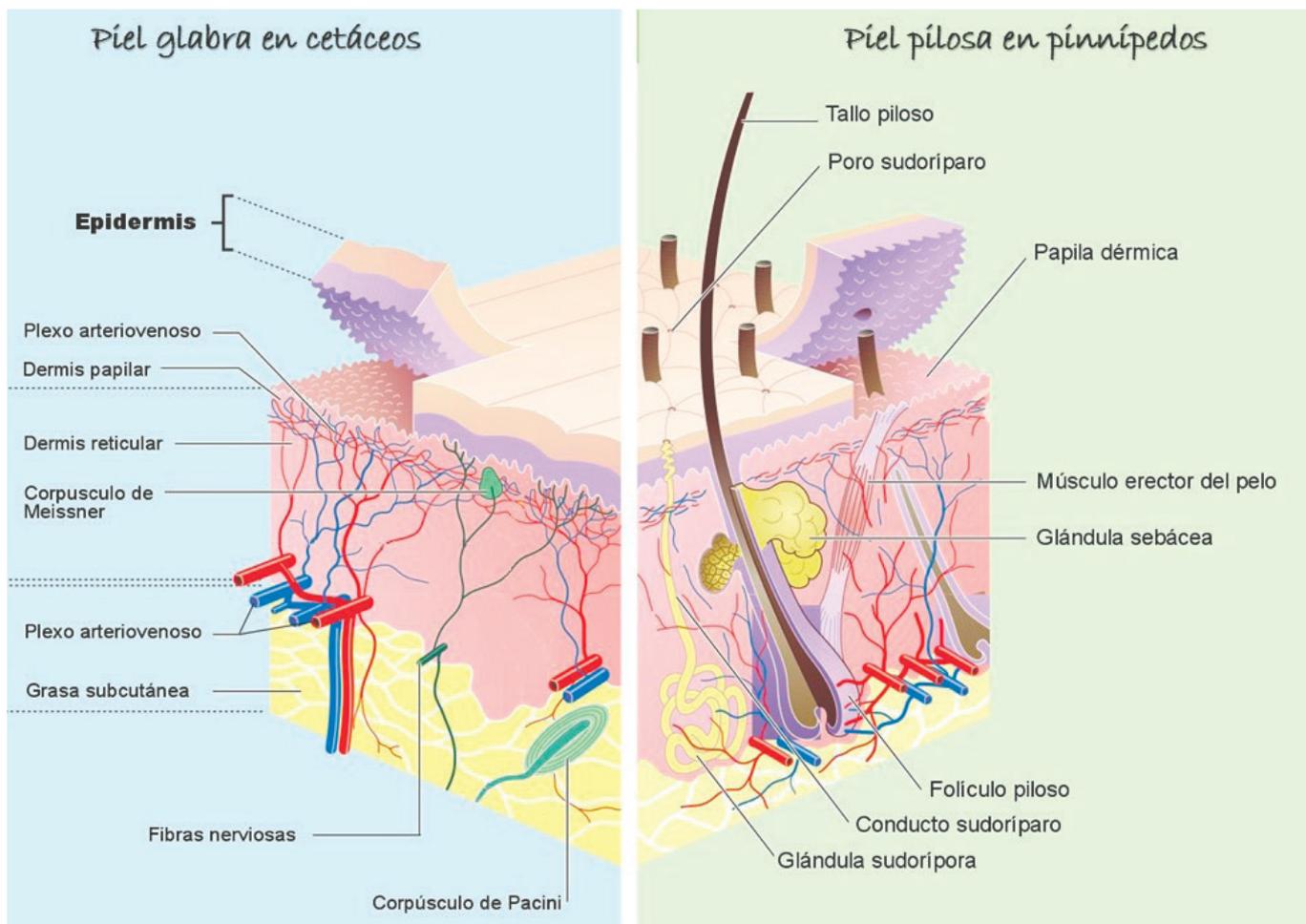


Imagen adaptada de Madhero y Komorniczak, vía Wikimedia Commons.

Figura 1. Estructura de la piel de los mamíferos.

Tabla 1. Cuadro comparativo de la piel de cetáceos y pinnípedos/fócidos.

Caracteres	Cetáceos	Pinnípedos/Fócidos
Pelo	Ausente, excepto embriones y neonatos alrededor del hocico (que luego pierden). 	Presente durante toda la vida. 
Glándulas cutáneas	Ausencia de glándulas sudoríparas y sebáceas.	Presentes, menos desarrolladas que en mamíferos terrestres.
Grasa subcutánea	Muy desarrollada, esencial para aislamiento.	Muy desarrollada, también clave para aislamiento.
Renovación de piel	Contínua, perdiendo células de la epidermis de forma gradual.	Muda estacional, gradual o repentina, desprendiendo capas externas de piel y pelo (parches).
Lípidos en epidermis	Alta concentración.	Menor concentración.
Función sensorial	Limitada, sin vibrisas.	Conservan vibrisas sensoriales.
Adaptación térmica	Aislamiento principalmente por grasa.	Aislamiento por grasa y en menor medida por pelaje.
Camuflaje/patrones	Generalmente uniforme.	Diversidad de patrones (manchas o anillos).

contiene capilares sanguíneos que pueden participar en la regulación térmica, especialmente en especies que alternan entre ambientes acuáticos y terrestres o helados. La capa más profunda es la hipodermis o tejido subcutáneo. Este compartimento de tejido adiposo altamente especializado cumple múltiples funciones vitales: actúa como aislante térmico, reserva energética, modulador de la flotabilidad y contenedor de contaminantes lipofílicos (ver Glosario). Su espesor varía según la especie, el sexo, la edad, la estación del año y el estado nutricional del individuo. Estas características morfo-anatómicas reflejan la convergencia adaptativa de los mamíferos marinos a un entorno térmicamente exigente, hiperosmótico (es decir, con más sales disueltas que el interior del cuerpo, lo que favorece la salida del agua por ósmosis y tiende a deshidratar al animal), de alta presión, y hacen de la piel un órgano clave no solo en la fisiología, sino también en el estudio de la salud y ecología de estas especies.

### Usos y versatilidad de las biopsias

La biopsia de piel y grasa en mamíferos marinos constituye una herramienta ampliamente utilizada en estudios genéticos, ecológicos, y toxicológicos, debido a su carácter mínimamente invasivo y su aplicabilidad en animales en estado silvestre. A través de pequeñas muestras de piel y grasa subcutánea, es posible acceder a una amplia gama de información sobre la biología, ecología y salud de estos organismos (ver Figura 2). Los análisis

genéticos derivados de biopsias permiten determinar el sexo, la identidad individual, la diversidad genética y la estructura poblacional. Asimismo, mediante el análisis de isótopos estables (ver Glosario) se pueden conocer características sobre la nutrición, los hábitos alimenticios y los desplazamientos de las especies. Las biopsias también son clave para evaluar los niveles de distintos contaminantes en los tejidos (por ejemplo: compuestos orgánicos persistentes y metales pesados), y su potencial impacto sobre la salud. Adicionalmente, el estudio de hormonas y otros biomarcadores permite monitorear el estado fisiológico y reproductivo de los individuos. Dada la creciente presión antropogénica y los efectos del cambio climático en los ecosistemas marinos, las biopsias son una técnica fundamental para el monitoreo a largo plazo y una herramienta en la conservación de especies vulnerables.

### ¿Cómo se obtiene una biopsia?

Existen diferentes métodos para obtener muestras, dependiendo del tipo de investigación, el entorno y los recursos disponibles. La obtención de biopsias en mamíferos marinos se realiza principalmente a través de técnicas remotas y mínimamente invasivas, adaptadas a las condiciones del medio acuático y a las características del animal. El método más común y menos invasivo es el uso de un rifle de biopsia o ballesta de forma remota. Este procedimiento utiliza un dispositivo que dispara un dardo plástico con una punta especial (normalmente cortante) diseñada para extraer una muestra de piel y grasa sin necesidad

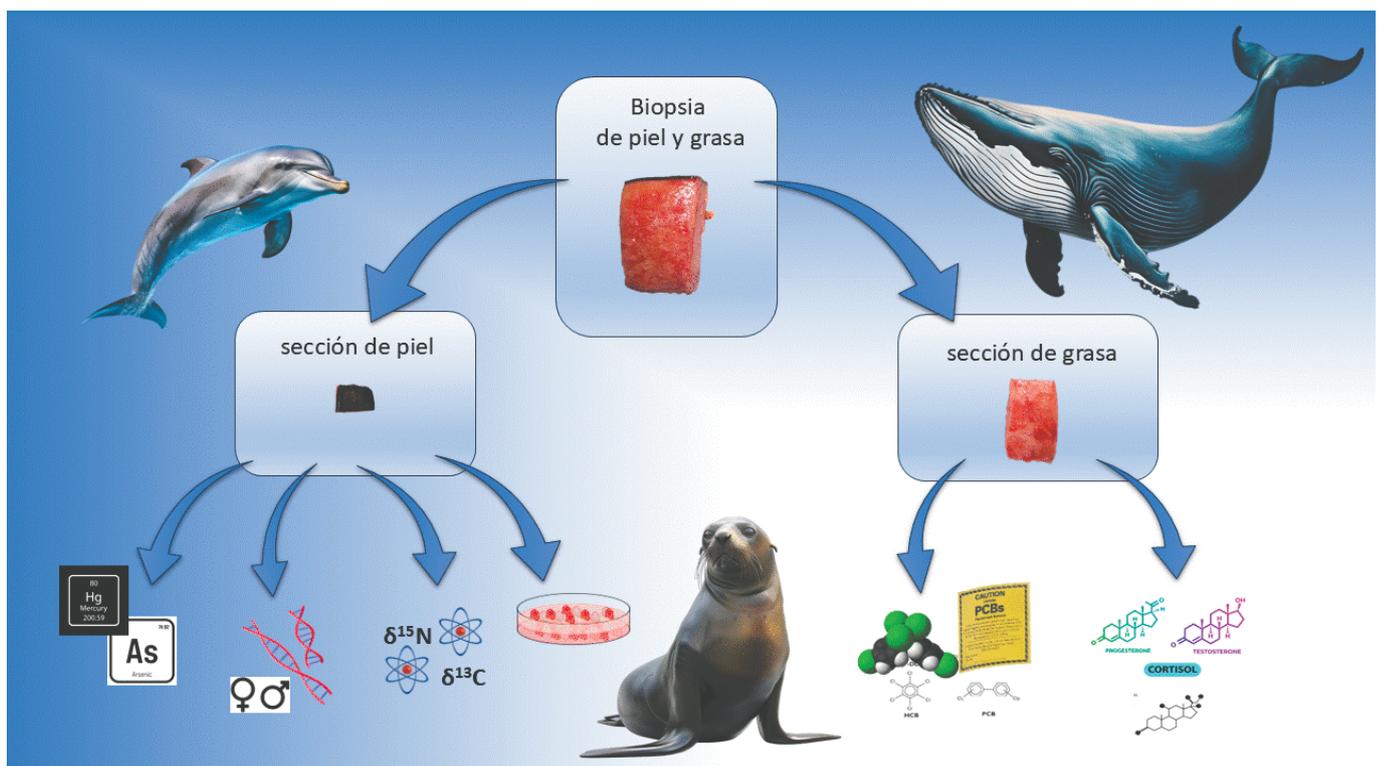


Figura 2. Aplicaciones de biopsias de piel y grasa.

de capturar al animal. Es ideal para cuando los animales se encuentran en su hábitat natural, ya que reduce su estrés y los riesgos asociados con la captura y manipulación directa. El dardo, fabricado habitualmente en acero inoxidable o aluminio, cuenta con una punta cortante hueca y un sistema de retención para evitar la pérdida de la muestra durante el impacto. Está calibrado para penetrar solo unos pocos centímetros, recolectar la muestra y rebotar o caer al agua, donde es recuperado inmediatamente. Para cetáceos, el procedimiento se realiza desde una embarcación a corta distancia (usualmente entre 5 y 30 metros), y requiere de un entrenamiento especializado para garantizar precisión, seguridad y la menor alteración posible al comportamiento del animal. La técnica ha sido validada por numerosos estudios y es considerada ética cuando se aplica bajo protocolos aprobados por comités de bioética o cuidado animal y regulaciones nacionales (como es el CICUAE en nuestro país, ver Glosario) o internacionales. En el caso de pinnípedos que descansan en tierra (por ejemplo, lobos marinos o focas durante la muda o la reproducción), también puede emplearse el dardo, pero desde tierra o incluso con redes manuales si el protocolo lo permite y no representa estrés excesivo. En algunos casos, es necesario realizar la biopsia mediante sujeción directa. Aquí, los animales pueden ser capturados o sometidos a un procedimiento controlado para tomar la biopsia. Aunque este método es más invasivo, resulta útil cuando se requiere una muestra más profunda o específica. Generalmente, las biopsias suelen tomarse de la región dorsal sobre la aleta pectoral del animal, siguiendo un protocolo estándar al utilizado en otros mamíferos marinos. Otro método es el uso de agujas de grosor controlado para biopsias. En este caso, se utilizan dardos de punta más larga y fina que permiten tomar muestras más

profundas de la piel o la grasa subcutánea. Aunque es levemente invasivo y puede causar estrés al animal, es esencial en ciertas investigaciones y requiere de un equipo especializado. También está la opción de realizar biopsias en animales que se encuentran en entornos controlados, como acuarios o centros de investigación. Aquí, la obtención es más sencilla, ya que los animales están más accesibles. Este método es particularmente útil en estudios relacionados con los controles de salud en ambientes confinados. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estas condiciones no reflejan el entorno natural de la especie.

El muestreo mediante biopsias representa una herramienta extendida para estudiar mamíferos marinos silvestres, especialmente en contextos donde el acceso a individuos es limitado o el manejo directo es inviable. No obstante, su aplicación requiere una planificación ética y metodológica para minimizar el posible impacto sobre los animales y para maximizar los fines de investigación. Sin embargo, como toda técnica, tiene sus pros y sus contras. En la Tabla 2 mostramos un breve resumen comparativo de sus beneficios y limitaciones.

### Antecedentes para el Mar Argentino

En los últimos años el estudio sobre la piel de cetáceos de nuestras costas y el sector Antártico Argentino ha avanzado notablemente, proporcionando información relevante sobre ecología de poblaciones, hábitos alimenticios y estado de salud de algunas especies. Las técnicas de biopsia están desempeñando un papel clave en el progreso de dichos estudios, al permitir la obtención de muestras de forma mínimamente invasiva. En algunos casos como, por ejemplo, en la región del Golfo San Jorge se han recolectado muestras de piel de ballenas sei (*Balaenoptera borealis*) desde embarcaciones deportivas. Estas muestras se emplean

**Tabla 2. Ventajas y limitaciones del uso de biopsias en mamíferos marinos.**

Ventajas		Limitaciones
Técnica	Relativamente sencilla con entrenamiento	Requiere equipamiento y personal capacitado
Muestra biológica	Fracción que incluye piel, grasa (y pelo)	Escasa cantidad
Tipo de información	Amplia y diversa	Limitada al sitio y momento de muestreo
Aplicabilidad	Ideal para especies protegidas	Depende del acceso, clima y comportamiento animal
Impacto en el individuo	Mínimamente invasivo	Puede causar estrés o heridas menores
Monitoreo	Permite seguimiento a largo plazo	No sustituye exámenes completos o necropsias

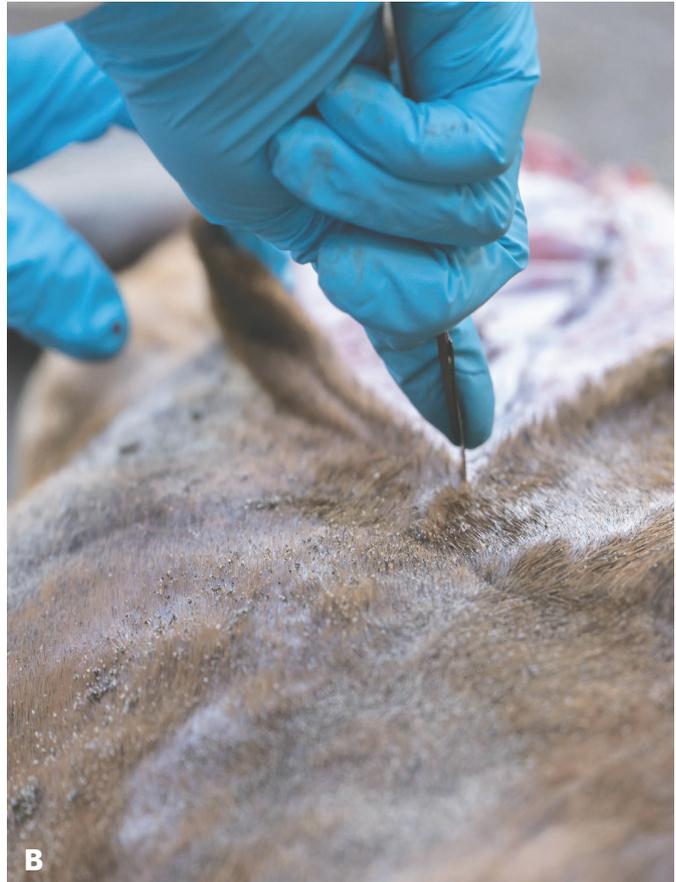
para la obtención de marcadores moleculares que permiten caracterizar la constitución genética de los individuos, como así también para conformar un banco de tejidos que facilite nuevos estudios de estructuración genética y estimaciones poblacionales. En Península Valdés, se aislaron agentes bacterianos a partir de muestras obtenidas de piel saludable y de piel con lesiones cutáneas (y resoplidos) de ballenas francas australes (*Eubalaena australis*). Entre los microorganismos identificados en las heridas se encontraron bacterias potencialmente patógenas (*Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Erysipelothrix rhusiopathiae*) lo cual aporta información relevante para evaluar el estado sanitario de estos cetáceos y detectar vectores que puedan causar enfermedades. En el caso de los delfines oscuros (*Lagenorhynchus obscurus*), se evaluaron las respuestas conductuales frente a la recolección de muestras mediante un sistema de pértiga (ver Glosario). Los resultados mostraron que los grupos pequeños —en particular aquellos compuestos por madres con crías— reaccionaron de manera más intensa, mientras que los grupos más numerosos manifestaron respuestas más moderadas. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar tanto la composición como el comportamiento grupal al aplicar técnicas de muestreo. Por último, en la península Antártica, se han empleado rifles adaptados para obtener biopsias de focas leopardo (*Hydrurga leptonyx*), con el objetivo de analizar la presencia de contaminantes como el mercurio. Esta metodología permitió evaluar la exposición a metales pesados en focas del continente blanco, aportando datos fundamentales sobre los efectos de la contaminación en estos ecosistemas remotos.

Los mamíferos marinos están expuestos a una variedad de contaminantes orgánicos e inorgánicos en su entorno marino, los cuales pueden tener efectos significativos en su organismo. En el caso particular de los elementos traza (ver Glosario), éstos son incorporados principalmente a través de la dieta mediante su absorción durante el proceso digestivo, aunque también en menor medida pueden ingresar por el intercambio gaseoso en los pulmones o por adsorción a través de la piel seguida de difusión. En cetáceos, algunas regiones del cuerpo, como el área circundante a la aleta dorsal, presentan una mayor concentración superficial de vasos sanguíneos involucrados en la termorregulación, lo cual puede favorecer una mayor asimilación de elementos debido al aumento del flujo sanguíneo. Los elementos son transportados a través del sistema circulatorio, y la sangre, como tejido dinámico, intercambia constantemente compuestos y productos de desecho por difusión hacia los distintos tejidos del organismo. Aunque, la información sobre la composición y el metabolismo de los elementos traza en la piel de

mamíferos marinos no está bien estudiada, se ha observado que algunos se acumulan principalmente en la capa multi-laminada de la epidermis y en la dermis. Por su parte, la capa de grasa subcutánea actúa como una barrera aislante entre la piel y el resto del cuerpo, reduciendo el intercambio de elementos hacia la epidermis. Además, su alto contenido lipídico limita la absorción de metales pesados y algunos otros elementos, ya que la mayoría de éstos no son lipofílicos, es decir no se disuelven en grasas.

A partir del adecuado aprovechamiento de muestras obtenidas *post mortem* de ejemplares varados (ver Figura 3A, B), se ha logrado avanzar en el estudio sobre la interrelación entre la bioacumulación en la piel y los tejidos internos. Los análisis demostraron que la piel es un órgano útil para establecer comparaciones entre los niveles de contaminantes con los encontrados en los órganos internos (por ejemplo: hígado, riñones, músculo y pulmones). Estas correlaciones son importantes para determinar la pertinencia de los resultados de la piel como indicador de las concentraciones en los tejidos internos, y considerarla como un órgano indicador de exposición a elementos tóxicos. A continuación, se reúnen los datos de estudios propios desarrollados a nivel regional en dos especies de odontocetos de aguas subantárticas, como la tonina overa (*Cephalorhynchus commersonii*) de Tierra del Fuego, Argentina, y falsas orcas (*Pseudorca crassidens*) del Estrecho de Magallanes (ver Figura 4A, B). Dichos estudios representan líneas de base sobre los contenidos de metales pesados en la piel de ejemplares provenientes de capturas incidentales y varamientos, respectivamente. Los estudios evidenciaron que la cantidad de ciertos elementos en la piel está estrechamente relacionada con la que se acumula en órganos internos. Por ejemplo, en la tonina overa se encontró que los niveles de hierro (Fe) en la piel y el hígado mostraron una relación positiva, al igual que ocurrió con otros como el bromo (Br) (entre la piel y el riñón), el rubidio (Rb) (entre la piel y el hígado), y también entre la piel y el músculo. Un dato importante es que el mercurio presente en la piel también reflejó bien lo que ocurre dentro del cuerpo, con vínculos claros con las concentraciones en el músculo, el hígado, el riñón y los pulmones. En el caso de la falsa orca, un pariente más grande de los delfines, observamos patrones similares. La cantidad de cesio (Cs) en la piel se relacionó con la de órganos como el riñón y el músculo. Lo mismo sucedió con el mercurio, que mostró conexiones entre la piel, el riñón y los testículos. Estos resultados nos sugieren que, analizando solo la piel, podríamos obtener información valiosa sobre la presencia de contaminantes como el mercurio, arsénico, bromo, rubidio y cesio en estas especies. Estos hallazgos abren la puerta para fomentar el uso de la piel como una

Imágenes: Gentileza de las autoras.



**Figura 3. A) Ejemplar de ballena sei (*Balaenoptera borealis*) varada en Dock sud, Provincia de Buenos Aires y B) muestreo de piel y pelo en pinnípedo.**

Imágenes: Gentileza de las autoras.



**Figura 4. A) Ejemplar de tonina overa (*C. commersonii*) proveniente de captura incidental en pesquería artesanal de Tierra del Fuego, Argentina y B) ejemplares de falsa orca (*P. crassidens*), varados en el Estrecho de Magallanes, Chile.**



Imagen: Sergio Lucero.

Imagen: Sergio Lucero.

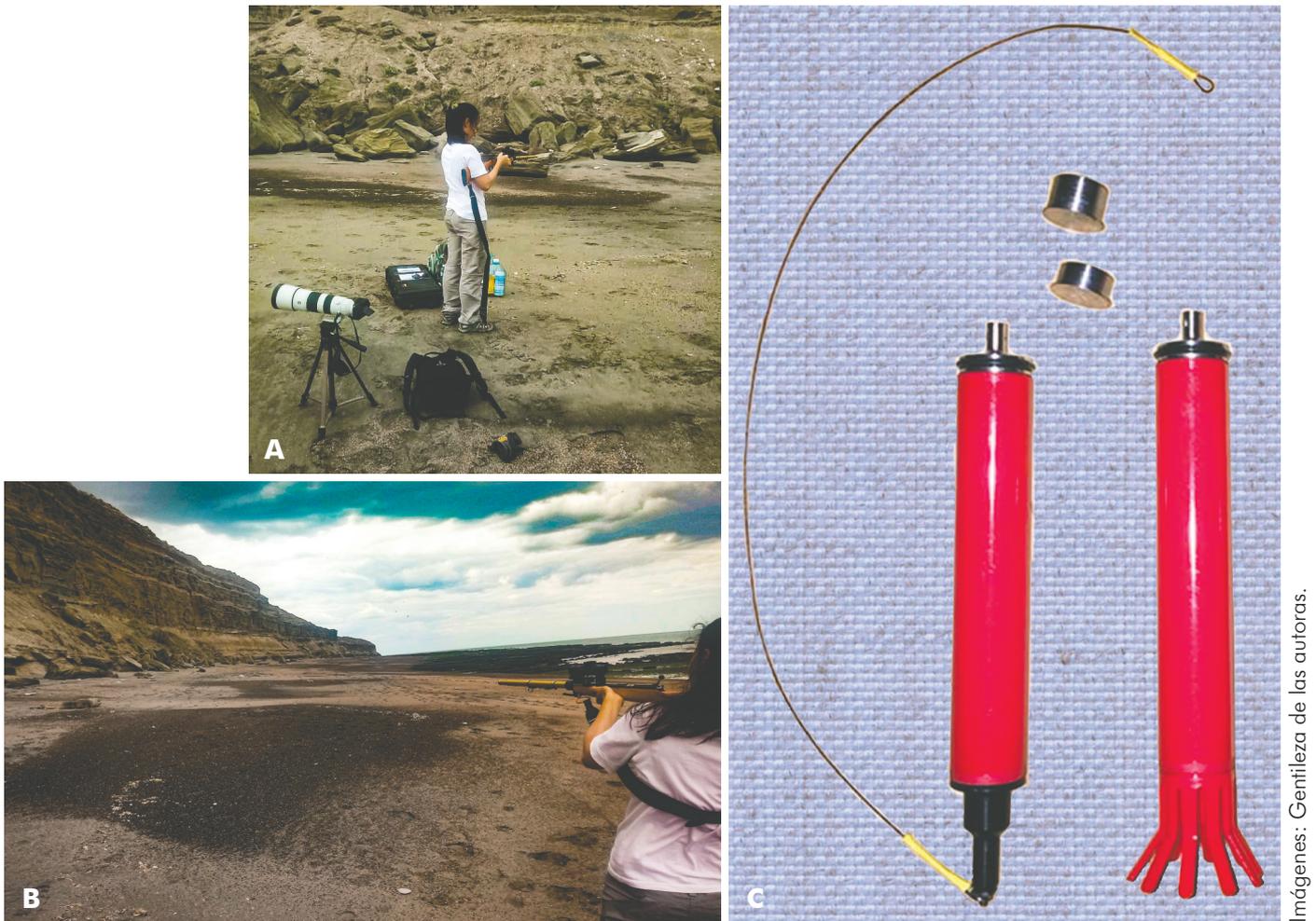
Imagen: Gentileza de las autoras.

**Figura 5. A) Colonia de lobos marinos de un pelo (*O. byronia*) en el Área Natural Protegida Punta Bermeja, Río Negro, B) ejemplar juvenil y adulto de lobo marino de un pelo, en el "Anfiteatro" y C) ejemplar de lobo marino varado.**

herramienta para evaluar el riesgo eco-toxicológico de las poblaciones silvestres y monitorear la salud en los ecosistemas marinos.

En relación a los pinnípedos de la región, la información disponible sobre contaminantes aún es limitada. Entre las especies que habitan el Mar Argentino, el lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*) se destaca como un predador tope, con una amplia distribución a lo largo de la costa patagónica, incluyendo Tierra del Fuego, las Islas Malvinas, Uruguay, Chile, Perú y parte de Ecuador. Esta especie enfrenta amenazas a lo largo de su distribución en la Patagonia, particularmente en la provincia de Río Negro, donde existen colonias reproductivas y de

descanso de importancia ecológica (ver Figura 5A, B). Una de las principales presiones antropogénicas es la interacción con pesquerías, tanto artesanales como industriales. Esta interacción incluye competencia por recursos tróficos, captura incidental en redes (*bycatch*, en inglés), y en ocasiones, agresiones intencionadas hacia los individuos. Este tipo de interacciones puede resultar en lesiones, desplazamientos de hábitat y mortalidad directa con varamientos en la playa (ver Figura 5C). Aunque es una especie que tiende a quedarse en zonas costeras, algunos individuos llegan hasta el borde de la plataforma continental. Debido a su distribución geográfica y al hecho de que se organizan en colonias con poca movilidad, es posible



Imágenes: Gentileza de las autoras.

**Figura 6. A) Equipamiento, B) puesta a punto de la carabina durante la campaña y C) dardos para pinnípedos (PAXARMS NZ).**

definir bien el área en la que se alimentan. Esto los convierte en indicadores apropiados sobre el estado de contaminación en la región.

Como explicamos anteriormente, las biopsias son una herramienta clave para poder detectar contaminantes e inferir en qué medida estos se acumulan en los tejidos internos de animales vivos. Esta información permite obtener un diagnóstico eco-toxicológico, lo cual resulta ventajoso para desarrollar estrategias de manejo y conservación en áreas protegidas costero-marinas de Patagonia, como el Área Natural Protegida Punta Bermeja (ANPPB) y el Área Natural Protegida Bahía de San Antonio (ANPBSA). La toma de biopsias sobre los individuos se diseña siguiendo protocolos establecidos a nivel internacional. Dependiendo de las áreas de muestreo y debido a los posibles efectos sonoros del equipo en los animales, los muestreos son planeados en animales que se encuentran dispersos o aislados de grupos numerosos para evitar interferir en su comportamiento. En Argentina, las leyes de protección de vida silvestre exigen permisos especiales para realizar investigaciones en mamíferos marinos. Por ello, a campo, usualmente estamos acompañados por un equipo que incluye veterinarios y miembros del personal de Áreas Protegidas de la jurisdicción. Las

campañas de muestreo se realizan durante la primavera y duran aproximadamente entre 15 y 20 días. Para la toma de biopsias, utilizamos una carabina manual o rifle (PAXARMS NZ) que dispara dardos especialmente diseñados (ver Figura 6A, B). Este equipo permite recuperar muestras de animales de manera eficaz en su hábitat natural a diferentes distancias desde tierra firme o embarcaciones. Los dardos (ver Figura 6C) están diseñados para que al impactar con el animal penetren a través de la piel y un par de centímetros de grasa, y luego salgan. Estos dardos están compuestos por una cabeza metálica que penetra en el tejido, y tienen un cuerpo y cola plásticos que cumplen la doble función de prolongar la extensión del mismo dardo para ser disparado con el rifle y dar flotabilidad. Al impactar, los dardos recolectan pequeñas muestras que incluyen piel, grasa y algo de pelo (en el caso de los pinnípedos), y quedan contenidas dentro del cabezal del dardo. No penetran en el músculo del animal. El dardo se encuentra amarrado en su extremo distal con un hilo de pesca y sujeto a una caña, para la rápida recuperación del material biológico. Una vez recuperados los dardos, la muestra de biopsia (pequeña sección "tapón") se remueve de la punta del dardo, y se guarda identificada en bolsas de nylon. Durante el trabajo de campo, todo



Imágenes: Gentileza de las autoras.

**Figura 7. Submuestreo y procesamiento de tejidos en el laboratorio.**

tipo de material recuperado (ya sea del muestreo de biopsias o de animales varados) es refrigerado en conservadora portátil. Posteriormente en condiciones de laboratorio el material es procesado para su posterior análisis (ver Figura 7).

### **Del cuidado animal y retos que enfrentamos**

La técnica de biopsia de tejidos se ha implementado con éxito en océanos de todo el mundo, demostrando ser una herramienta eficaz y de bajo impacto para el estudio de mamíferos marinos. En general, los animales muestran respuestas mínimas ante la toma de muestra. En cetáceos, por ejemplo, las reacciones suelen limitarse a un leve movimiento de la cola, tras lo cual la mayoría de los individuos retoma su comportamiento habitual sin alteraciones evidentes. Aunque la intensidad de la respuesta puede variar entre especies, los estudios son consistentes en que este procedimiento no modifica el

uso del hábitat ni afecta los patrones de distribución de los individuos. Por su parte, las pequeñas lesiones generadas por la biopsia tienden a cicatrizar rápidamente y no se han observado consecuencias negativas para la salud de los animales.

No obstante, persisten interrogantes sobre los posibles efectos fisiológicos y conductuales a mediano y largo plazo, luego de aplicado este procedimiento. A pesar de los avances en el desarrollo de técnicas que buscan minimizar las molestias, es probable que la obtención de muestras genere cierto grado de estrés. Por este motivo, resulta esencial que la aplicación de biopsias se lleve a cabo de forma rigurosa y cuidadosa, siguiendo los más altos estándares éticos. En la mayoría de los países, las leyes de conservación y protección de fauna marina regulan estrictamente el uso de estas técnicas, exigiendo permisos de investigación y la validación de metodologías que aseguren una intervención mínima y un impacto reducido. La biopsia de tejidos continúa siendo una herramienta clave en los estudios de conservación, ya que proporciona información indispensable para evaluar los efectos de las presiones ambientales sobre estas especies y sus ecosistemas marinos.

### **Consideración final**

El trabajo con mamíferos marinos plantea un desafío constante entre la necesidad de obtener información biológica relevante y la obligación de minimizar el impacto sobre los animales. Las biopsias de piel y grasa se consideran actualmente una herramienta eficaz y relativamente poco invasiva para investigar la exposición a contaminantes, la genética y otros aspectos fisiológicos, como hemos visto. Sin embargo, su aplicación exige un riguroso cuidado ético. Se deben emplear métodos que reduzcan al mínimo el estrés, las molestias físicas y el riesgo de infecciones, adaptando las técnicas al comportamiento y la sensibilidad de cada especie. Además, la obtención de permisos y la consideración de marcos legales nacionales e internacionales son pasos indispensables, dado que muchas de estas especies están protegidas. A estos retos éticos y logísticos, en el caso de toxicología, se suma el desafío técnico de validar que los contenidos en la piel reflejen lo que ocurre en los tejidos internos. Estos aspectos refuerzan la importancia de seguir desarrollando y evaluando métodos de muestreo que equilibren la obtención de información con el bienestar animal.

### **Agradecimientos:**

Extendemos un especial agradecimiento a la Cetacean Society International (CSI) y a la Society for Marine Mammalogy (SMM) por el apoyo brindado en los inicios del trabajo de campo en Tierra del Fuego. Agradecemos al Consejo Nacional de Investigaciones

Científicas y Técnicas (CONICET) de Argentina, y a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (AGENCIA-FONCyT) por el respaldo brindado para el proyecto de biopsias en mamíferos marinos. Finalmente, valoramos la dedicación de Esmeralda Cáceres Saez en la edición fotográfica.

### Glosario

**Artiodáctilos:** grupo de mamíferos ungulados (con pezuñas) que se caracterizan por tener un número par de dedos en cada extremidad —generalmente dos o cuatro—, de los cuales los dos centrales suelen ser los que soportan el peso del cuerpo.

**Contaminantes lipofílicos:** sustancias químicas que tienen gran afinidad por las grasas (lípidos) y tienden a disolverse o acumularse en ellas. Esta propiedad les permite persistir en los tejidos grasos de los organismos vivos, lo que puede tener importantes consecuencias para la salud y el medio ambiente.

**Análisis de isótopos estables:** técnica analítica que utilizada para estudiar la proporción de diferentes isótopos estables de un mismo elemento químico en una muestra. Los isótopos son variantes de un mismo elemento químico que tienen el mismo número de protones, pero diferente número de neutrones, por lo tanto, tienen diferente masa atómica. Ejemplos comunes son el Carbono ( $^{13}\text{C}$ ) y el Nitrógeno ( $^{15}\text{N}$ ).

**Sistema de pértiga:** dispositivo largo y extensible que se utiliza para acceder o alcanzar objetivos a distancia, especialmente cuando no se puede o no se desea acercarse físicamente. En el contexto de la investigación de fauna, se emplea comúnmente para tomar muestras o realizar biopsias de animales grandes o difíciles de alcanzar, como los mamíferos marinos.

**CICUAE:** Comisión Institucional para el Cuidado y Uso de Animales de Experimentación que se encarga de revisar y dictaminar todos los aspectos relativos al uso racional y cuidado de los animales de laboratorio, asegurando que su utilización sea ética y se cumplan las normas legales y de bienestar animal.

**Elementos traza:** elementos químicos presentes en muy bajas concentraciones en un organismo, típicamente menos del 0.1% de la masa total de la muestra o en el rango de partes por millón (ppm) o partes por billón (ppb). Algunos de ellos son esenciales para la vida en pequeñas cantidades, como el hierro, el zinc, el cobre y el selenio; mientras que otros pueden resultar tóxicos incluso en concentraciones mínimas, como el plomo, el mercurio, el cadmio o el arsénico.

## Resumen

La biopsia de tejidos es una técnica ampliamente utilizada para obtener muestras de piel y grasa de mamíferos marinos en su entorno natural. Se ha convertido en un protocolo común para diversas especies, aunque se busca que sea lo menos invasiva posible. Esta metodología es fundamental para la investigación y conservación de cetáceos y pinnípedos, proporcionando datos sobre su fisiología, ecología, y salud. La aplicación de dicha metodología radica en las amenazas que las especies enfrentan, como la contaminación y el cambio climático. En América del Sur, su uso crece tanto en especies vulnerables como emblemáticas de la región.

## Para ampliar este tema

- Cáceres-Saez, I., Goodall, R. N. P., Dellabianca, N., Cappozzo, H. L. y Ribeiro Guevara, S. (2015). The skin of Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus commersonii*) as a biomonitor of mercury and selenium in Subantarctic waters. *Chemosphere*, 138: 735–743.
- Consejo Federal Pesquero. (2015). Plan de acción nacional para reducir la interacción de mamíferos marinos con pesquerías en la República Argentina, Buenos Aires, Argentina: Consejo Federal Pesquero.
- Noren, D. P. y Mocklin, J. A. (2012). Review of cetacean biopsy techniques: Factors contributing to successful sample collection and physiological and behavioral impacts. *Marine Mammal Science*, 28(1): 154–199.
- Urbán Ramírez, J., Fossi, M. C., Panti, C., Marsili, L. y Rojas-Bracho, L. (2014). Las ballenas como bioindicadoras de la salud de los océanos utilizando técnicas no-letales. En: C. A. González Zuarth, A. Vallarino, J. C. Pérez Jiménez y A. M. Low Pfeng (Eds.), *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (pp. 479–499). D.F., México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC).