

# Tecnología de sensores de alta sensibilidad para abordar un problema de manejo socio ecológico

**Área temática:** Proyectos asociativos público-privados. Aportes, experiencias y teórico-metodológicas.

**Autores:** ARGÜELLES, M. Belén<sup>1,2,3</sup>, BERTELLOTTI, Marcelo<sup>1</sup>, DIGNANI, Jorge<sup>4,5</sup> y KÖLLN, Ricardo<sup>4,5</sup>

**Filiación:** <sup>1</sup>Centro de Estudios de Sistemas Marinos Centro Nacional Patagónico-CONICET. Boulevard Brown 2915, (9120) Puerto Madryn, Chubut

<sup>2</sup>Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de Provincia del Chubut Barilongo 914, (9103) Rawson, Chubut. <sup>3</sup>Universidad Nacional del Comahue – Bariloche, Río Negro. <sup>4</sup>Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco Sede Puerto Madryn. <sup>5</sup>Servicio de electrónica, Centro Nacional Patagónico-CONICET

**Contacto:** [arguelles@cenpat-conicet.gob.ar](mailto:arguelles@cenpat-conicet.gob.ar)

## RESUMEN

La distribución de ballenas francas australes (*Eubalaena australis*) ha variado a lo largo de los últimos años en Patagonia, aumentando su número en el Golfo Nuevo (Península Valdés, Chubut), observándose una gran cantidad de individuos cerca de Puerto Pirámides, Doradillo y Puerto Madryn. El aumento de la cantidad de ballenas en cercanías a los sitios de actividad portuaria las expone a un escenario de riesgo de colisión con embarcaciones. Aunque es posible recopilar datos por observación directa cuando están en superficie, resulta muy difícil interpretar sus movimientos durante sus buceos. Las ballenas realizan buceos prolongados en un área que se solapa con el corredor de navegación establecido por Prefectura Naval Argentina para el ingreso de buques hacia los muelles de Puerto Madryn, aumentando los riesgos de colisión cuando las ballenas emergen a respirar. La colisión entre ballenas y embarcaciones no sólo supone una amenaza a la supervivencia de las ballenas, sino además constituye un riesgo para las personas ya que las embarcaciones podrían quedar seriamente afectadas. Para estudiar los movimientos de las ballenas en cercanías de las rutas de entrada de los buques a los muelles, especialmente cuando éstas se encuentran bajo el agua, se desarrolló un dispositivo que registra datos espaciales en tres dimensiones, constituido por acelerómetro de tres ejes, registrador de campo magnético de tres ejes, registrador de temperatura del agua, posición y velocidad diferencial (GPS), presión y conductividad, que graba todos estos datos en una tarjeta microSD de alta capacidad. El presente proyecto es el resultado de aportes interdisciplinarios para abordar un problema de manejo biológico a través de un desarrollo tecnológico. Las principales líneas de investigación que involucra este proyecto incluyen el desarrollo tecnológico para el registro de datos con sensores de alta sensibilidad, la emisión de datos de geoposición para la localización del dispositivo, el desarrollo de software para el análisis del gran volumen de datos y finalmente la interpretación biológica de los mismos. Con los datos obtenidos se permitirá dimensionar los riesgos de las actividades antrópicas tanto para ballenas como para las personas, aportando información relevante para un adecuado manejo y uso responsable.

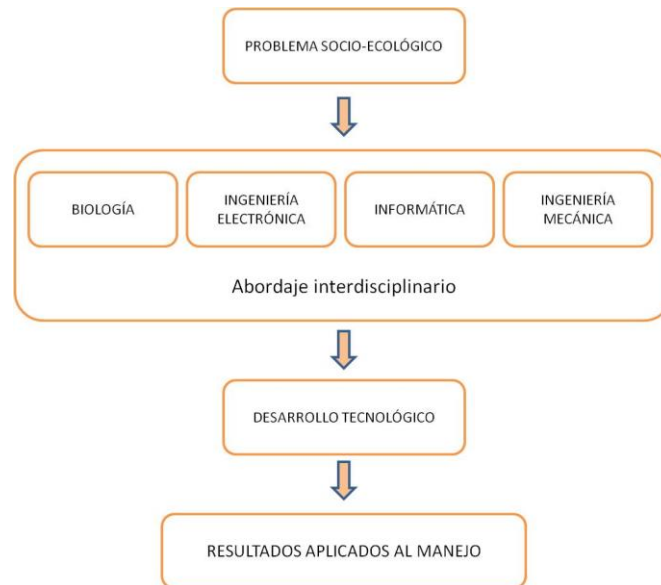
**PALABRAS CLAVE:** ballena franca austral, dispositivo de adjunción por ventosas, problema científico, desarrollo tecnológico, resultados aplicados.

## INTRODUCCION

El presente proyecto aborda de manera interdisciplinaria un problema socio-ecológico complejo a través de un desarrollo tecnológico, para el diagnóstico y manejo del conflicto por el uso del espacio entre ballenas y embarcaciones en inmediaciones del puerto. Implica el desarrollo tecnológico para la construcción de un dispositivo que se adhiere a las ballenas para analizar sus patrones de movimientos y analizar el riesgo de colisión con embarcaciones. Las principales líneas de investigación que involucra este proyecto incluyen tecnologías para el registro de datos con sensores de alta sensibilidad, la emisión de datos de geoposición para la localización del dispositivo, el desarrollo de software para el análisis del gran volumen de datos y finalmente la interpretación biológica de los mismos.

Este proyecto se articula entre el Centro Nacional Patagónico (CONICET) y la Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Provincia del Chubut (SCTeIP), con aportes de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. El primer prototipo desarrollado llegó a las últimas instancias del Concurso Nacional de Innovaciones, Innovar 2014, organizado por el Programa Nacional de Popularización de la Ciencia y la Innovación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación, incluyéndose en el catálogo de innovaciones tecnológicas de 2014.

Con los datos obtenidos se podrá dimensionar los riesgos de las actividades náuticas tanto para ballenas como para las personas, aportando información relevante para un adecuado manejo y uso responsable del espacio marino. Los resultados no sólo brindarán información clave sobre el estado del principal recurso turístico de la ciudad sino que también tendrán implicancias para el desarrollo de las actividades portuarias y el de sus industrias asociadas.



### **PROBLEMA CIENTIFICO**

Las ballenas francas australes tienen una distribución de tipo circumpolar y presentan un amplio rango latitudinal en virtud de sus desplazamientos migratorios [1]. Están distribuidas entre los 20° S y 60° S de latitud y hacen migraciones anuales entre altas latitudes, donde se alimentan en verano, y regiones costeras de menores latitudes donde se aparean y las hembras paren y cuidan a sus crías en invierno y primavera [2,1]. En Argentina, Península Valdés es uno de los lugares más importantes para la reproducción de la ballena franca [3,4]. Las primeras ballenas llegan a estas aguas a fines del otoño, permanecen en la zona durante todo el invierno y la primavera, alcanzándose el mayor número de animales a fines de septiembre y principios de octubre.

En Península Valdés las ballenas francas se distribuyen ocupando áreas específicas dentro del Golfo Nuevo, permaneciendo la mayor cantidad de ballenas cerca de Puerto Pirámides, Playa El Doradillo y la ciudad de Puerto Madryn. La ocupación de estas áreas podría entenderse como poco usual ya que en algunas de ellas coincide con el desarrollo de actividades humanas, que incluyen el avistaje de ballenas, movimiento de embarcaciones pesqueras, de carga y deportivas.

Puerto Madryn es una de las ciudades con mayor aumento demográfico relativo de la República Argentina. Ha crecido sostenidamente más de 14 veces durante los últimos cuarenta años desde la instalación de Aluar, una empresa productora de aluminio, en junio de 1970. En la década siguiente el desarrollo de la industria pesquera y el incremento sostenido del turismo aceleraron el proceso [5]. Actualmente las fuerzas económicas que modelan las actividades en Puerto Madryn son la industria y el turismo y con menos regularidad la pesca.

Puerto Pirámides es una localidad ubicada dentro del Área Natural Protegida Península Valdés, donde se ha desarrollado una creciente industria turística basada en los avistajes de ballenas [6,7]. Esta actividad constituye a su vez el principal atractivo turístico del Chubut [6,8] y se ubica en tercer lugar en importancia económica para la provincia, después de la explotación petrolera y de la pesca [9]. Si bien existe una legislación específica dentro del Golfo Nuevo para la actividad de avistajes y límites de navegación establecidos por Prefectura Naval Argentina con el fin de minimizar los riesgos tanto para las ballenas como para los humanos, hay áreas como la Bahía Nueva (Puerto Madryn) en donde no hay restricciones para la navegación.

En la figura 1 se observan los límites de navegación en el Golfo Nuevo establecidos por Prefectura Naval Argentina, los que surgen de la conveniencia de dejar establecidas condiciones operativas para la navegación, con el objeto de minimizar situaciones riesgosas que atenten contra la integridad de las ballenas y las personas. Se dispone como zona de aplicación las aguas del Golfo Nuevo establecidas en la Ley Provincial XI N° 20 (Antes Ley N° 4722), con las zonas que se muestran en la Figura 1a. Zona Intangible: la comprendida entre Punta Piaggio y Punta Arco, 3 millas marinas desde la línea de más baja marea promedio hacia el mar, sólo se permiten las actividades de control, investigación y monitoreo. Zona de Uso Sostenible Restringido: la comprendida entre la línea recta que une Punta Cormoranes y Punta Arco y los límites que determinan las áreas intangibles y de uso sostenible, sólo se permite la filmación, fotografía e investigación. Zona de Uso Sostenible: la comprendida entre Punta Piaggio y Punta Cormoranes desde la línea de más baja marea promedio hasta las 3 millas marinas, sólo se permite la navegación a las embarcaciones que prestan servicio de avistaje de ballenas y operadoras de buceo debidamente habilitadas para dicha actividad por la Autoridad de Aplicación, aquellas otras que por algún motivo sean autorizadas por dicho organismo, como así también las embarcaciones afectadas al servicio Público del Estado, quedando vedada la navegación a las embarcaciones particulares.

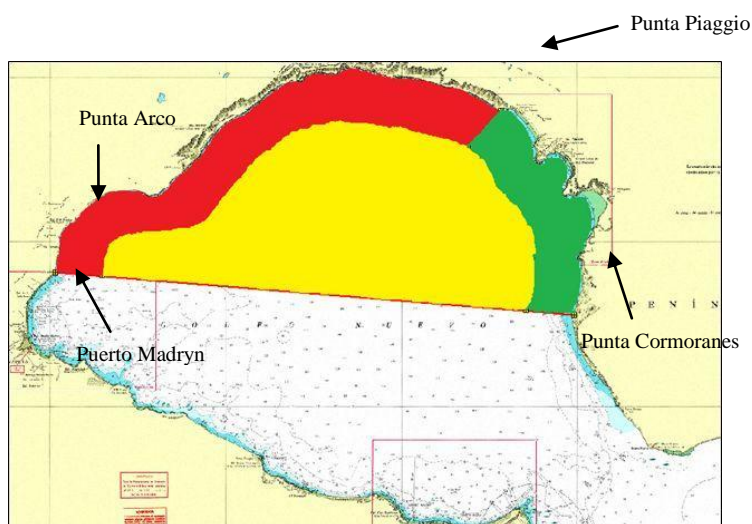


Figura 1: Zonas marítimas establecidas por Prefectura Naval Argentina en el Área Natural Protegida Península Valdés

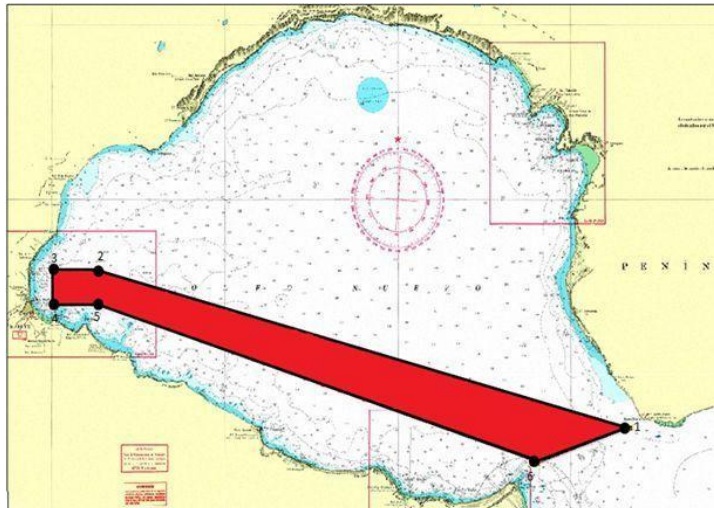


Figura 2. Corredor de navegación establecido por Prefectura Naval Argentina para el ingreso y egreso de buques

Además de establecer las zonas marítimas en el Área Natural Protegida Península de Valdés, la Prefectura Naval Argentina establece un corredor para la navegación en el Golfo Nuevo en presencia de ballenas, desde mayo a diciembre para las embarcaciones que realicen actividad comercial (Figura 2). El corredor para la navegación consiste en una línea imaginaria que une la boca de ingreso al golfo nuevo, hasta la rada local, estableciendo como punto intermedio obligatorio donde deberán recalar en latitud  $42^{\circ}46'S$  y longitud  $64^{\circ}51'O$ . Durante la navegación en el mismo se debe evitar cambios de rumbos o velocidad excesivos, haciéndolo con la mayor prudencia. Para las maniobras de salida se aplicaran los rumbos inversos (PNA 2011).

A pesar de haber un corredor establecido para la navegación, en la Figura 1 puede observarse que en el área de la Bahía Nueva (Puerto Madryn) no hay restricciones para la navegación. En esta área hay un crecimiento sostenido de ballenas, embarcaciones comerciales, deportivas y de actividad humana en los muelles, lo que sumado a la curiosidad característica de las ballenas las pone en peligro de colisionar con las embarcaciones allí presentes. Tal es así que en temporada de ballenas, cada año, se realizan competencias (regatas) con embarcaciones que salen del Club Náutico Atlántico Sur (CNAS) en las costas de Puerto Madryn, representando un riesgo para las personas. Existen antecedentes de ballenas que se han enredado en cabos de veleros frente al CNAS y de embarcaciones particulares y surfistas que se acercan demasiado a las ballenas [10]. La preocupación no sólo involucra a las ballenas, los organismos encargados de la protección de la fauna silvestre, las personas sino también al sector económico cuyas embarcaciones pueden verse afectadas [11].

Desde el año 2001 se han estudiado los patrones de uso de la Bahía Nueva, identificando la cantidad de días en que las ballenas están presentes en el área y la interacción con áreas de uso comercial y deportivo. Mediante el desarrollo de un sistema de medición para seguimiento de individuos por triangulación lineal desde la costa [11] se determinó el sitio de uso de ballenas y embarcaciones a microescala dentro de la bahía, y en áreas adyacentes a los muelles. La construcción de mapas de riesgo de colisiones en áreas de navegación y maniobra de buques [10] fue el insumo para la recomendación de Prefectura Naval Argentina y Administración de Puertos de Puerto

Madryn para navegación segura dentro del Golfo Nuevo en 2008. Pérez Martínez y su equipo [10] observaron una colisión entre el portacontenedores *Langeless* y una ballena cuando ingresaba al muelle, hecho que se suma al ocurrido en 2008 cuando el destructor *ARA Heroína* de la Armada Argentina, realizando la maniobra de zarpada desde el muelle Piedrabuena embistió a una ballena ocasionándole la muerte y quedando el buque a la deriva. Ya en 2006, cuando un barco estuvo cerca de chocar contra una ballena en esa misma región, el gobierno advertía sobre la necesidad de evitar estas maniobras en la temporada de ballenas. Se han observado además individuos con marcas de daños por choques y cortaduras de hélices [11].

En el Golfo Nuevo, el movimiento de buques en cercanía de los muelles en la Bahía Nueva se encuentra en constante aumento, al igual que la cantidad de ballenas, las que se sitúan preferentemente cerca de los muelles. Pérez Martínez y Guzmán [10] sugieren que los núcleos de alta densidad alrededor de los muelles estarían dados por un patrón de “circunvalación” de ballenas, los muelles funcionarían como barreras naturales en zonas de desplazamiento produciendo áreas de mayor flujo en los extremos donde aumenta la densidad. En el extremo, hay un mayor flujo de ballenas, lo que se traduce en una mayor probabilidad de encuentro entre ballenas y buques.

Por otro lado, el área de distribución de las ballenas en la Bahía Nueva se superpone con la línea de navegación propuesta por Prefectura Naval Argentina para el ingreso y egreso de buques al Golfo Nuevo [10,12]. A finales de temporada, los animales se mueven a aguas profundas, en un área adyacente a la Bahía Nueva, con profundidades entre 80 y 120 metros. En esta área las ballenas desarrollan comportamientos de buceo, con inmersiones que duran aproximadamente 12 minutos, donde los animales salen estrepitosamente a superficie para respirar para luego volver a sumergirse. Esto aumenta los riesgos de colisión entre ballenas y embarcaciones cuando las ballenas emergen a respirar. Para evaluar este comportamiento de buceo, Argüelles *et al.* [12] desarrollaron un dispositivo que se adhiere por medio de ventosas a la ballena (Figura 3) y que fue colocado con éxito en la temporada 2013 a cinco animales (Figura 4 y 5).



Figura 3. Dispositivo de aducción por ventosas.



Figura 4. Colocación del dispositivo de adjucción por ventosas. Arriba. Secuencia de la colocación del dispositivo. Abajo izquierda, TDR adherido por las ventosas a la ballena. Abajo derecha, ballenas iniciando la inmersión profunda.

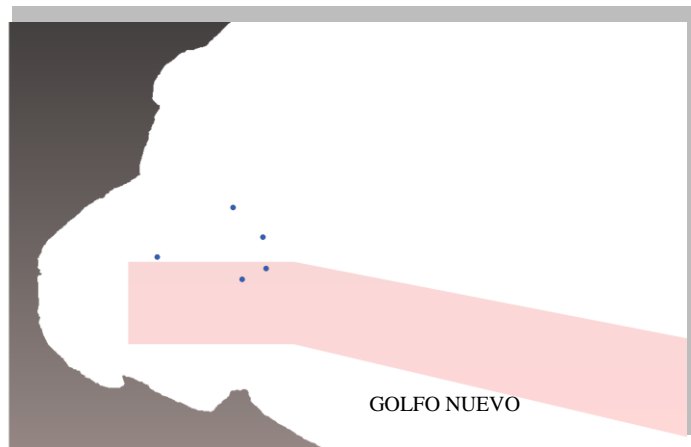


Figura 5. Área de muestreo donde se realizaron las colocaciones del dispositivo de adjucción por ventosas. Los puntos azules representan los cinco animales marcados.

Por lo mencionado anteriormente y dado el incremento de la actividad naval y la población de ballenas francas australes en el Golfo Nuevo, existen conflictos por el uso del espacio y uno de los principales problemas a los que se enfrentan las ballenas es el riesgo de colisión con embarcaciones. La concentración de las ballenas francas en zonas cercanas a áreas de disturbio de origen antrópico en el Golfo Nuevo, lejos de ser un indicador del buen estado de conservación, alerta sobre una nueva condición de vulnerabilidad para esta especie. Debido a esto resulta necesario conocer los patrones de distribución, abundancia y comportamiento de la especie así como también documentar las situaciones de riesgo, para poder crear mapas de riesgo y establecer mejores pautas de navegación / explotación turística de un recurso importante para la región. Más allá del interés estrictamente académico, esta información permitirá dimensionar los riesgos de las actividades náuticas en un área que utilizan las ballenas, aportando información relevante para un adecuado manejo y para un uso responsable de los recursos, contribuyendo así al diseño de los protocolos de monitoreo de estas actividades.

## DESARROLLO TECNOLÓGICO

En el ámbito científico es primordial disponer de mediciones de variables para estudiar comportamientos. En el caso de los mamíferos marinos es muy difícil describir el comportamiento de buceo por observación directa. Para poder estudiarlos se les colocan dispositivos registradores de datos que almacenan una serie de variables en una

memoria [13,14,15,16]. Luego del proceso de adquisición de datos se les quitan estos dispositivos y se analiza la información grabada.

Para estudiar en detalle los movimientos y tipo de buceo de las ballenas se fabricó un registrador de datos cuyas especificaciones y diseño fueron la medición de:

- Medición con muestreo de datos programable desde 0.1 seg en adelante.
- Aceleración según X, Y y Z, para determinar la inclinación rolo y cabeceo (roll y pitch) del cuerpo [17].
- Campo Magnético según X, Y y Z, para determinar la dirección de movimiento (uso como compás) [18,14].
- Temperatura del agua, para realizar compensaciones de otros sensores que además puede ser de utilidad para estudios oceanográficos.
- Posición y velocidad tomadas con un GPS. Cuando el animal está en superficie y de utilidad también en el rescate del registrador una vez que se desprende del animal. El aparato transmite mensajes SMS indicando la posición [19,20,21].
- Sensor de presión, para determinar la profundidad de buceo [22].
- Sensor booleano de conductividad. Cuando el dispositivo está fuera del agua más de 5 minutos entra en un modo sueño profundo que desconecta sensores y disminuye el consumo de energía.
- Grabación en una tarjeta microSD de alta capacidad, en formato ASCII, con sistema de archivos FAT32 que permite la lectura directa en cualquier computador [23].

El desafío aquí es;

- a) La adquisición sin errores de esa gran cantidad de datos en tiempo y forma, con bajo consumo.
- b) Procesar las variables indirectas: presión que se transforma en profundidad, aceleraciones para determinar ángulos y campos magnéticos para determinar rumbo.
- c) compensar los errores de los sensores.
- d) Obtener por integración datos de posición y velocidad del animal, con una precisión de 1 segundo.

## **LA ARQUITECTURA DEL REGISTRADOR**

En la figura 6 se puede ver la arquitectura del registrador de datos.



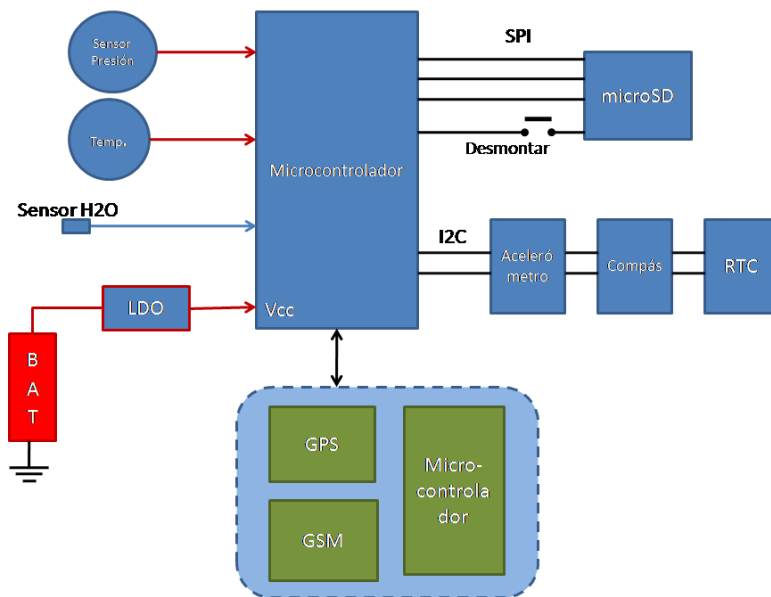


Figura 6. Arquitectura del registrador de datos.

En la Figura 7 se observa la ubicación de los chips magnetómetro y acelerómetro en la placa que siguen el estándar NED (North, East, Down) lo que significa que los algoritmos de proceso de las señales de los sensores deben seguir ese sistema de coordenadas.

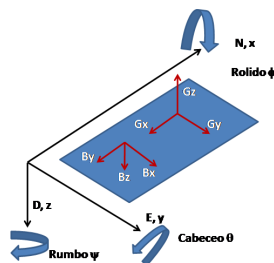


Figura 7. Standard NED.

El procesamiento de los datos consiste, en una primera etapa, en agrupar, validar y clasificar los datos de forma de obtener todas variables en las unidades adecuadas con un error acotado.

En este preprocesamiento se usa una aplicación escrita especialmente para este fin en lenguaje JAVA. Estos datos alimentan otras aplicaciones usando Matlab [24] y STK [25] para la determinación de las variables cinemáticas del animal a lo largo del tiempo. Estas variables incluyen: roldo, cabeceo, rumbo, posición geográfica y profundidad.

La orientación del dispositivo se puede modelar como rotación en 3 ángulos [26]: rumbo, roldo y cabeceo a partir de una posición base puesto el dispositivo en un lugar horizontal y apuntando al norte. La resultante de la aceleración  $G_r$  y del campo

$$G_r = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$B_r = B \begin{pmatrix} \cos \delta \\ 0 \\ \sin \delta \end{pmatrix}$$

magnético Br en esa posición de referencia es

Los valores de Gr y Br son relativamente constantes en un lugar determinado y entonces a partir de las lecturas de cada componente se puede determinar los 3 ángulos del modelo.

Las ecuaciones matriciales que describen el modelo son:

$$\mathbf{G}_p = \mathbf{R}_x(\phi)\mathbf{R}_y(\theta)\mathbf{R}_z(\psi)\mathbf{G}_r = \mathbf{R}_x(\phi)\mathbf{R}_y(\theta)\mathbf{R}_z(\psi) \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ g \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{B}_p = \mathbf{R}_x(\phi)\mathbf{R}_y(\theta)\mathbf{R}_z(\psi)\mathbf{B} \begin{pmatrix} \cos \delta \\ 0 \\ \sin \delta \end{pmatrix} + \mathbf{V} = \mathbf{R}_x(\phi)\mathbf{R}_y(\theta)\mathbf{R}_z(\psi)\mathbf{B} \begin{pmatrix} \cos \delta \\ 0 \\ \sin \delta \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix}$$

El vector V tiene en cuenta las constantes de calibración por interferencias magnéticas al magnetómetro [27]. A partir de estas se determinan los 3 ángulos. En particular el rumbo ( $\psi$ ) compensado con la inclinación es

$$\Rightarrow \tan(\psi) = \left( \frac{-B_{\hat{r}}}{B_{\hat{x}}} \right) = \left( \frac{(B_{pz} - V_z)\sin\phi - (B_{py} - V_y)\cos\phi}{(B_{px} - V_x)\cos\theta + (B_{py} - V_y)\sin\theta\sin\phi + (B_{pz} - V_z)\sin\theta\cos\phi} \right)$$

Este dispositivo, no invasivo, sirve para tomar y grabar datos desde la ballena. La ventaja de la utilización de este dispositivo se halla primordialmente en la posibilidad de recuperación del instrumento, lo que permite que pueda ser usado varias veces y con diferentes individuos. Otra ventaja es la enorme capacidad de registro de datos que puede obtenerse, la información puede ser registrada todo el tiempo incluyendo los momentos en que las ballenas están sumergidas.

## MANIOBRA DE COLOCACIÓN DEL DISPOSITIVO

La colocación del dispositivo se realiza en un área adyacente a la Bahía Nueva – Puerto Madryn (ubicada en la margen Oeste del Golfo Nuevo entre Punta Arco (42°41'55''S - 64°59'38''O) y Punta Este (42°47'08''S - 64 °57'25''O)). La colocación se realiza desde la embarcación “Máxima” perteneciente a la Fundación Vida Silvestre Argentina, bote semirrígido CONUMAR modelo ALBATROS 2000 de 5,60 metros de eslora, 2,42 metros de manga y con un motor Honda fuera de borda de 90 HP de potencia. Se localiza un animal, la embarcación se acerca a la ballena y se posiciona en la parte posterior mientras que el instrumento es colocado en un extremo de una caña de fibra de carbono (2 m de longitud aproximadamente), para luego proceder a la colocación en el individuo. Una vez que el dispositivo es recuperado, se descargan los datos (Figura 8) y se analizan con un software que permita visualizar los movimientos de las ballenas y de las embarcaciones a su alrededor.



Figura 8. Colocación del dispositivo de adjuvación por ventosas. Recuperación. Descarga de datos.

## RESULTADOS APLICADOS

La problemática interacción entre actividades antrópicas y ballenas es una de las principales prioridades de conservación a nivel local y regional. Este proyecto prevé la generación de recomendaciones de manejo para la conservación del recurso ballena franca austral. Los resultados obtenidos constituirán una herramienta poderosa para la industria, los planificadores y los funcionarios de manejo de recursos, a la hora de tomar decisiones respecto al uso del espacio y sus recursos naturales. Las decisiones que se tomen respecto al manejo de este recurso tendrán una influencia directa en dos ciudades de la provincia del Chubut; Puerto Pirámides, cuya economía depende casi exclusivamente de la actividad de avistaje de ballenas; y Puerto Madryn, que actualmente se encuentra posicionada como el principal centro proveedor de servicios directos al turismo de naturaleza en la región.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bastida, R.; Rodriguez, D.; Secchi, E. y Da Silva, V. 2007. Mamíferos acuáticos de Sudamérica y Antártida, 1º edición. Vazquez Mazzini Editores, Buenos Aires.
- Rowntree, V.J.; Payne, R.S. y Schell, D.M. 2001. Changing patterns of habitat use by southern right whales (*Eubalaena australis*) nursery ground al Península Valdés, Argentina and in their long-range movements. *Journal of Cetacean Research and Management* (special issue). 2:133-143.
- Payne, R. 1986. Long term behavioral studies of the southern right whale, *Eubalaena australis*. *Rep. Int. Whal. Comm.* (Special Issue 10):161-167.
- Payne, R.; Rowntree, V.; Perkins, J.S.; Cooke, J.G. y Lankester, K. 1990. Population size, trends and reproductive parameters of right whales (*Eubalaena australis*) of Península Valdez, Argentina. *Rep. Int. Whal. Comm.* (Special issue) 12:271-8.
- Kaminker, S. 2014. <http://www.conicet.gov.ar/puerto-madryn-aumento-su-poblacion-14-veces-desde-1970-hasta-la-actualidad/>.

- Rivarola, M.; Campagna, C. y Tagliorette, A. 2001. Demand-driven commercial whalewatching in Península Valdés (Patagonia): conservation implications for right whales. *Journal of Cetacean Research and Management* (Special Issue 2):145-151.
- Argüelles, M.B. y Bertellotti, M. 2008. Impacto del avistaje de ballenas francas australes (*Eubalaena australis*) en Península Valdés, Argentina. XIII Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur - 7° Congreso SOLAMAC, Montevideo, Uruguay.
- Coscarella, M. A.; Dans, S. L.; Crespo, E. A. y Pedraza, S. N. 2003. Potential impact of dolphin watching unregulated activities in Patagonia. *Journal of Cetacean Research and Management* 5(1): 77-84.
- Argüelles, M.B. 2008. Características del avistaje de ballenas francas australes (*Eubalaena australis*) en Península Valdés, Argentina. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Puerto Madryn, Chubut, Argentina. 43 pp.
- Pérez Martínez, D. y Guzmán, J. 2010. Patrones de uso de la Bahía Nueva por parte de ballenas francas australes (*Eubalaena australis*) y embarcaciones. Informe anual temporada 2009. Proyecto de Investigación para Fundación Vida Silvestre Argentina - Aluar SAIC.
- Pérez Martínez, D. y Guzmán, J. 2009. Patrones de uso de la Bahía Nueva por parte de ballenas francas australes (*Eubalaena australis*) y embarcaciones. Informe anual temporada 2008. Proyecto de Investigación para Fundación Vida Silvestre Argentina - Aluar SAIC.
- Argüelles, M.B.; Fazio, A.; Fiorito, C.; Pérez-Martínez, D.; Coscarella, M. y Bertellotti, M. Diving behaviour of Southern right whales in a traffic maritime trade in Patagonia. En revision *Aquatic Mammals*.
- Shepard, E.L.C.; Wilson, R.P.; Quintana, F.; Gómez Laich, A.; Liebsch, N. *et al.* 2008. Identification of animal movement patterns using tri-axial accelerometry. *Endangered Species Research* 10: 47–60.
- IWare, C.; Arsenault, R. y Plumlee, M. Visualizing the Underwater Behavior of Humpback Whales. University of New Hampshire. [http://ccom.unh.edu/vislab/PDFs/Ware\\_CGA.pdf](http://ccom.unh.edu/vislab/PDFs/Ware_CGA.pdf).
- Whitney, N.; Pratt, H.J.; Pratt, T. y Carrier, J. 2010. Identifying shark mating behavior using three-dimensional acceleration loggers. *Endangered Species Research* 10: 71–82.
- Wilson, R.P.; White, C.R.; Quintana, F.; Halsey, L.G.; Liebsch, N. *et al.* 2006. Moving towards acceleration for estimates of activity-specific metabolic rate in free-living animals: the case of the cormorant. *J Anim Ecol* 75: 1081–1090.

- Hoja de datos de acelerómetro 3G BOSCH BMA250. <http://ae-bst.resource.bosch.com/media/products/dokumente/bma250/bst-bma250-ds002-05.pdf>.
- AN4248, Implementing a Tilt-Compensated E-Compass Using Accelerometer and Magnetometer Sensors - Application Notes
- Standard NMEA 183 para comunicación de datos Gps. <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>.
- Kuhn, C.E.; Johnson, D.S.; Ream, R.R. y Gelatt, T.S. 2009. Advances in the tracking of marine species: using GPS locations to evaluate satellite track data and a continuous-time movement model. *Mar Ecol-Prog Ser* 393: 97–109.
- Hofmann-Wellenhof, B.; Lichtenegger, H.; *et al.* 1994. "GPS: Theory and practice", Springer.
- Sensor mpx5700:  
[http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=MPX5700](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=MPX5700).  
Hojas de datos y notas de aplicación.
- Especificaciones de formato fat32 para tarjetas microSD. <https://www.sdcard.org/developers/overview/capacity/>
- Matlab data análisis. [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/matlab/data\\_analysis.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/matlab/data_analysis.pdf).
- Systems tool kit software. <http://www.agi.com/products/stk/>.
- Ángulos de Euler. [http://en.wikipedia.org/wiki/Euler\\_angles](http://en.wikipedia.org/wiki/Euler_angles).
- Gebre-Egziabher, D; Elkaim, G.H.; Powell, J.D. y Parkinson, B.W. 2001. "A non-linear, two-step estimation algorithm for calibrating solid-state strapdown magnetometers." In 8th International St. Petersburg Conference on Navigation Systems, St. Petersburg, Russia. IEEE/AIAA, 2001.