

# Patagonia

*Investigaciones y futuro*



Compilador: Luis A. Quesada Allué

**Patagonia**

*Investigaciones y futuro*

### ***Imagen de portada***

**Mapa francés (1683 o anterior) de “Países que están en los alrededores del Río de la Plata y del País de los Patagones”. La Patagonia actual figura como “Patagones o Tierras Magallánicas” (“Patagons ou Terres Magellaniques”) y el Atlántico colindante “Mar Magallánico” (“Mer Magellanique”). Publicado en “Description de L’Univers” (1683) de Alain Manesson Mallet. Este cartógrafo (1630-1706) fue Mosquetero del Rey Luis XIV, docente y destacado Ingeniero militar.**

Patagonia : investigaciones y futuro / Susana Bandieri ... [et al.] ; Compilación de Luis A. Quesada-Allué. - 1a ed - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias, 2024.  
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga  
ISBN 978-987-48617-4-0

1. Patagonia. I. Bandieri, Susana II. Quesada-Allué, Luis A., comp.  
CDD 551.700982

Ficha de catalogación

PATAGONIA

Investigaciones y futuro

Editor y Compilador: Luis A. Quesada Allué

Editora Adjunta: Paula Regina Alonso

Maquetador: Gabriel Martín Gil

Editado en 2024 por



Prohibida su reproducción total o parcial sin citar la fuente

ISBN Nº 978-987-48617-4-0

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723

<http://www.aargentinapciencias.org/>

© 2023 ASOCIACIÓN ARGENTINA PARA EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS



# ÍNDICE

## PATAGONIA Investigaciones y futuro

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	7
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	9
<b>Capítulo 1:</b> Cuando crear una “identidad nacional” en los territorios patagónicos fue interés prioritario del Estado argentino <b>Susana Bandieri</b> .....	16
<b>Capítulo 2:</b> Francisco P. Moreno en el avance del conocimiento de la patagonia <b>Alberto C. Riccardi</b> .....	28
<b>Capítulo 3:</b> Investigación científico-tecnológica y desarrollo en la Patagonia Argentina <b>Alejandro Mentaberry</b> .....	60
<b>Capítulo 4:</b> ¿Qué hace INVAP en la Patagonia? <b>Vicente Campenni</b> .....	83
<b>Capítulo 5:</b> La Patagonia, esa tierra incógnita <b>Victor A. Ramos</b> .....	95
<b>Capítulo 6:</b> Horacio H. Camacho y su contribución al conocimiento de los moluscos fósiles de la Patagonia <b>Claudia Julia del Río</b> .....	109
<b>Capítulo 7:</b> Dinosaurios de la Patagonia: descubrimientos, actividades y perspectivas <b>Fernando Emilio Novas y Leonardo Salgado</b> .....	121
<b>Capítulo 8:</b> Ideas para un proyecto oceánico nacional <b>Mario A.J. Mariscotti</b> .....	156
<b>Capítulo 9:</b> Interacciones a largo plazo de los mamíferos marinos con la especie humana en la Patagonia Atlántica, en un contexto del cambio climático <b>Enrique Alberto Crespo</b> .....	167

<b>Capítulo 10:</b> El Golfo San Jorge como área prioritaria de investigación, manejo y conservación en el marco de la Iniciativa Pampa Azul <b>Silvana Dans, Adrián Cefarelli, David Galván, María Eva Gongora, Patricia Martos, Martín Varisco, Gustavo Alvarez Colombo, Silvia Blanc, Patricio Bos, Nelson Bovcon, Marcela Charo, Mariano Cinquini, Carla Derisio, Ana Dogliotti, Gustavo Ferreyra, Manuela Funes, Diego Giberto, Cristian Halm, Constanza Hozbor, Alejo Irigoyen, Mirtha Lewis, Gustavo Macchi, Reinaldo Maenza, Ariadna Nocera, Flavio Paparazzo, Ana Parma, Juan Pablo Pisoni, Igor Prario, Noela Sánchez-Carnero, Viviana Sastre, Valeria Segura, Ricardo Silva, Agustín Schiariti, Brenda Temperoni, Mariano Tonini, Analía Tolivia, Gaston Trobbiani, Leonardo Venerus, Maria Vernet, Julio Vinuesa, Lujan Villanueva Gomila, Gabriela Williams, Pablo Yorio y Marcos Zárate .....</b>	<b>203</b>
<b>Capítulo 11:</b> Fuegos de Vegetación: evolución de un fenómeno socio-ecológico global y su impacto en la Interfase Urbano-Rural (IUR) de la Patagonia Andina de Argentina <b>Guillermo Emilio Defossé .....</b>	<b>241</b>
<b>Capítulo 12:</b> El potencial energético renovable del Mar Argentino <b>Griselda A. Carreras, Alejandro P. Haim, Mario A. Pelissero y Ana J. Lifschitz .....</b>	<b>267</b>
<b>Capítulo 13:</b> Un acercamiento al potencial eólico de la Patagonia <b>Roberto D. Jones.....</b>	<b>293</b>
<b>Capítulo 14:</b> Desafíos científicos y geopolíticos en las regiones antártica y subantártica <b>Gustavo A. Ferreyra .....</b>	<b>309</b>
<b>Capítulo 15:</b> La Antártida como modelo de desincronización biológica y análogo espacial <b>Daniel Eduardo Vigo .....</b>	<b>336</b>
<b>Capítulo 16:</b> Magallanes y la expedición que descubriría la Patagonia. Parte I: antecedentes, personajes, preparativos e inicio del viaje <b>Luis A. Quesada-Allué y Diana Sofía Gitlin.....</b>	<b>347</b>
<b>Capítulo 17:</b> Magallanes y la expedición que descubriría la Patagonia. Parte II: un enigma de la toponimia <b>Luis A. Quesada-Allué y Diana Sofía Gitlin.....</b>	<b>383</b>

## PRESENTACIÓN

Cuando en la revista Ciencia e Investigación, de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias (AAPC), decidimos solicitar a prestigiosos científicos y tecnólogos notas que ofrecieran pantallazos sobre temas y actividades relacionados con la Patagonia, comprobamos que su publicación despertó un gran interés. Quizás porque al tratarse de trabajos de divulgación de muy alto nivel, alejados de lo circunstancial o periodístico, ofrecían enfoques adecuados para profesionales, políticos y personas interesadas formadas en diferentes disciplinas. La iniciativa debió superar diversas dificultades generadas por la pandemia de Covid-19, que provocaron atrasos y -en algunos casos- imposibilidad por algunos autores de cumplir con los artículos prometidos. También tuvimos un episodio aislado donde, por razones que ignoramos, en una institución patagónica, las autoridades desaconsejaron a posibles autores la colaboración en este proyecto de divulgación. Superadas las dificultades, nos consta que los artículos concretados, reenviados a través de redes y personalmente, tuvieron impacto en numerosos interesados iberoamericanos. A partir de la repercusión de los artículos, e incentivados por varios lectores poco afectos a recorrer sucesivas páginas de internet, surgió la idea de compilar en un libro multiautoral los artículos más solicitados y/o relevantes.

El posible temario es tan extenso, variado y rico como lo son el terreno continental y marítimo de la región Patagónica. Por tal motivo la selección editorial resultó ser de las más difíciles. Nos guió en esta ocasión, el faro de nuestra convicción del vínculo inseparable del progreso en ciencia y tecnología con el desarrollo nacional. Cuáles son las estrategias y cuáles los métodos y técnicas para implementarlas en áreas específicas, serán motivo principal de los capítulos de este libro. Esperamos que encuentren en ellos una lectura amena y motivadora.

Así, en este volumen, ofrecemos un primer bloque (Capítulos 1 a 4) que ilustra aspectos históricos y actuales de geopolítica, política, desarrollo regional y alta tecnología inherentes a la Patagonia. En un segundo bloque (Capítulos 5 a 7) se ilustra sobre el origen geológico de la Patagonia y sus únicos e importantes fósiles de moluscos y dinosaurios, temas en los que Argentina se ha venido destacando históricamente. El tercer bloque (Capítulos 8 a 10) se exponen varias investigaciones sobre la plataforma continental oceánica; referidas a mamíferos marinos, al proyecto “Pampa azul” y al del Golfo San Julián, enfatizándose el promisorio futuro y la alerta por el cambio climático. Tres capítulos (11 a 13) se focalizan en aspectos de fuentes renovables (Bosques) y potencial energético continuo (eólico y marítimo). Un quinto bloque (Capítulos 14 y 15) trata la problemática de las regiones subantártica y antártica, incluyendo un ejemplo único de colaboración internacional en estudios de importante proyección, realizados en una base antártica argentina. Finalmente, en un sexto bloque (Capítulos 16 y 17) se compila lo conocido sobre la expedición de Fernando de Magallanes y su misterioso y muy indagado bautizo de los tehuelches, habitantes de la recién descubierta Bahía San Julián, como Patagones; dando así origen al nombre de la región como Patagonia.

# INTRODUCCIÓN

La Patagonia ha sido siempre una región muy especial. Hasta donde sabemos, los miembros de la expedición comandada por Fernando de Magallanes, llegaron a la Bahía de San Julián el 31 de Marzo de 1520 y fueron los primeros europeos en desembarcar en las tierras que luego serían denominadas Patagonia. El nombre deriva de los nómades tehuelches locales (¿Aoniken?), bautizados Patagones por Magallanes, que aparecieron dos meses después de fundarse Puerto San Julián (ver capítulos 14 y 15). Como sucedió repetidamente en el hemisferio Norte, ese fascinante momento histórico hizo que descendientes de poblaciones euroasiáticas, los locales ancestralmente siberianos y los visitantes provenientes del sur de Europa se encontraran en otro continente, después de transcurridos probablemente alrededor de 17.000 años.

A partir de ese momento los enigmas y misterios científicos, antropológicos, geográficos y geológicos inherentes a la Patagonia han despertado la pasión de muchos pioneros, aventureros, científicos, ingenieros y tecnólogos. A lo largo de los años han sido muchos los investigadores que han dedicado inteligencia y esfuerzos en desentrañar diferentes incógnitas en numerosas disciplinas sobre la región más desconocida y quizás más misteriosa de nuestro País.

La actual Patagonia Argentina es la región más grande del país, representando aproximadamente 33,5% del territorio nacional; con menos del 5% de sus habitantes (densidad de solo 2,5 habitantes/Km<sup>2</sup>). Actualmente, casi 3 millones de habitantes hacen progresar la región en todas sus actividades, con voluntad y perseverancia; sufriendo con frecuencia la rigurosidad del clima. Desde el punto de vista importante para esta compilación, las actividades en la Patagonia pueden ser referidas a cinco zonas relativamente arbitrarias, de Oeste a Este, la cordillera andino-patagónica, la zona precordillerana, las mesetas escalonadas, la costa mayormente acantilada (incluyendo el extremo Sur pre-antártico e islas) y la plataforma continental oceánica. Por razones obvias. muchas veces en los análisis se incluye también a la Antártida y a las islas Malvinas; sobre todo en problemas relacionados con contaminación, ambiente, pesca y geopolítica.

La Dra. en Historia Susana Bandieri, especialista en aspectos políticos, geopolíticos y sociopolíticos del Instituto Patagónico de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales –IPEHCS del CONICET-Univ. del Comahue; nos introduce en el capítulo 1 en un aspecto tan poco frecuentado como es el de la progresiva adquisición de identidad Nacional en la Patagonia; un área de conflictos fronterizos y de relativamente débil presencia del estado argentino. Postulando a Santiago de Bariloche como un ejemplo de experiencia “argentinizadora”.

El geólogo Dr. Alberto Riccardi, Profesor de la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad de La Plata, es el especialista que mejor conoce y ha plasmado en numerosos escritos las ideas, trayectoria y realizaciones de Francisco P. Moreno. En un enjundioso capítulo 2 nos detalla en forma muy didáctica y exhaustiva los años de esfuerzo que Moreno dedicó al estudio, delimitación y comprensión de la Patagonia a través de sus campañas. Riccardi nos ilustra sobre las expediciones y viajes de Moreno y sobre las extensas y muy importantes que encomendó, como trascendental fundador y director del Museo de La Plata. Aquí nos introduce a la enorme variedad de aportes de Moreno al futuro desarrollo de la Patagonia y sus grandes aportes como Perito y jefe de la Comisión Argentina en el delicado tema de los límites con Chile. En el Capítulo se destacan los menos conocidos estudios sobre la delimitación de glaciares y sobre vertebrados fósiles, y los aportes anecdóticos a la geología de la Patagonia. Riccardi nos ofrece también una muy útil bibliografía a la que recurrir para profundizar.

El Dr. Alejandro Mentaberry, impulsor del concepto y lineamientos del proyecto Pampa Azul y gran promotor de investigaciones durante su desempeño en el Ministerio de Ciencia y Tecnología, nos ofrece (capítulo 3) un completo e invaluable panorama global de las actividades y proyectos científicos y tecnológicos en Patagonia. Realiza un compendio histórico de las investigaciones científicas y tecnológicas en Patagonia, inventariando las instituciones existentes. En el Capítulo se explican las características y el lanzamiento del proyecto Pampa Azul.

En el campo de los grandes logros, el Gerente general y principal CEO del INVAP, el Dr. en Física Vicente Campenni, nos ofrece en su contribución (capítulo 4) su punto de vista sobre el desarrollo tecnológico y posibilidades de la Patagonia, con énfasis en el Polo Bariloche y explicando los impresionantes avances del INVAP en lo técnico/tecnológico ejecutado; y consecuentemente en la obtención de importantes contratos para el desarrollo económico de la Patagonia y del País.

El siguiente grupo de capítulos muestra tres escuelas de investigación que destacan entre las más conocidas internacionalmente sobre la Patagonia.

Los límites administrativos de Patagonia, objeto de disputas territoriales nacionales no resueltas, no coinciden con los límites deducidos de los estudios geológicos. El profesor e investigador emérito Víctor Ramos, eminente geólogo



y actual Presidente de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, es el creador de la muy original Teoría de la Aloctonía para explicar el origen geológico de la Patagonia. En el capítulo 5 nos ilustra sobre las dificultades para interpretar la geología de la región. Evocando ideas del Perito Moreno (1882) (ver capítulo 2) y de Jorge Keidel (1925) y apoyándose en muchas observaciones geológicas propias (concordantes con las biológicas y geológicas de otros), Ramos formuló en 1984, dentro de una carpa sometida a intensa nevada a 5200 m de altura, la original teoría del choque con el Gondwana, “viniendo” desde el Sur, del sub-continente Patagónico, como parte de la placa antártica (Ramos, 2008, 2014). Este choque, ocurrido en el Paleozoico superior (- 300 Millones de años) habría durado 50 millones de años y generado del lado gondwánico el fantástico plegamiento de Sierra de la Ventana/Ventania. La teoría, que es actualmente aceptada por la mayoría de los expertos a nivel mundial, está reforzada y sustentada además por la integración de datos paleomagnéticos con la coexistencia de peculiares cristales de circonio (indicadores) y con fósiles de ciertas esponjas (Gonzalez y Naipauer, 2020). Por su parte, la colisión desde el Oeste de la placa llamada Chilenia levantó la cordillera Andina (Tomezzoli, 2012). Así, el Cono Sur patagónico se estableció como un híbrido de placas y única tierra firme continental en latitudes medias del hemisferio Sur (más allá del paralelo 40), separando los océanos.

En el capítulo 6, la Dra. Claudia Julia del Río presenta una valiosa recopilación de las en su momento investigaciones pioneras del Dr. Horacio Camacho, centradas en el análisis de rocas y fósiles patagónicos del Cretácico tardío y el Cenozoico y realizadas a lo largo de 70 años. En sus 69 trabajos, Camacho expandió un tema escasamente explorado, a pesar de que ya Darwin recolectó algunos especímenes fósiles luego descritos por Soweby en 1846.

Fernando Emilio Novas, el experto reconocido internacionalmente como descubridor e investigador de numerosos dinosaurios nos introduce, junto con Leonardo Salgado, a los estudios de este grupo de Saurópsidos patagónicos. En el capítulo 7 nos describe el fascinante proceso de expansión y luego evolutivamente brusca extinción de los mismos; desde el Triásico hasta el Cretácico. Novas es quizás el paleontólogo más conocido de la Argentina por el gran público gracias a sus didácticas guías. Salgado, por su parte, es el notorio descubridor (junto a Carlos Coria) del Giganotosaurio, quizás el dinosaurio carnívoro más grande conocido. Novas y Salgado nos ilustran sobre los yacimientos cretácicos patagónicos y la enorme variedad de especies descubiertas hasta ahora. Explican las actividades desarrolladas en el pasado y en la actualidad para ampliar los conocimientos filogenéticos y explicar el origen del gigantismo en dinosaurios y la aparición de las aves, así como la coevolución y extinción de plantas y dinosaurios. Nos permiten visualizar un panorama de las investigaciones futuras. Los autores también ofrecen una utilísima bibliografía y hermosas imágenes.

El siguiente bloque de tres capítulos se focaliza en el Mar Argentino

El Dr. en Física y Académico Mario Mariscoti explica en el capítulo 8 la génesis del Proyecto Oceánico Nacional, antecesor de Pampa Azul y uno de los muchos proyectos de avanzada generados en el INVAP en 2012, por iniciativa de Juan José Gil Gerbino y Héctor Otheguy, entonces máximas autoridades de ese Instituto único en Sudamérica. Muchos de estos proyectos, eventualmente seleccionables para su ejecución, no pudieron concretarse todavía por la crónica falta de presupuestos. Mariscotti nos ilustra sobre las metas que estima deseables en el mediano plazo.

El Dr. Enrique Alberto Crespo, renombrado experto en mamíferos marinos (Crespo, 2009,2022) y su encuadre ecológico, del Laboratorio de Mamíferos Marinos del CENPAT de Puerto Madryn, presenta en el capítulo 9 una muy completa revisión del panorama biológico de cetáceos y pinnípedos en sus respectivos ecosistemas patagónicos, además de enmarcar su artículo en la problemática del cambio climático. El capítulo nos ilustra sobre antecedentes históricos de depredación, reducción de poblaciones y recuperación de algunas de ellas. Se destacan las anomalías climáticas y los cambios de temperatura del agua, causantes de cambios en poblaciones; desde el Krill hasta pingüinos. Correlaciona la situación de los ecosistemas con el delicado tema de la problemática pesquera. El Dr. Crespo también nos brinda dos interesantes aportes adicionales relativos al ecoturismo y a la estructura trófica en la plataforma marina patagónica. Además de excelentes imágenes nos aporta una excelente y útil bibliografía.

En el capítulo 10 la Dra. Silvana Dans del Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CESIMAR-CONICET y el grupo de autores especialistas, nos hace comprender la necesidad de un enfoque ecosistémico de la actualidad de la región oceánica, con sus propiedades físicas, geológicas, biológicas y económico-sociales. Enfatizan la urgencia de un estudio multidisciplinario e interjurisdiccional del sistema marino dado que su riqueza lo ha convertido en un área de explotación turística, industrial y comercial. El alerta y el panorama descrito en este artículo se enmarcan en la iniciativa Pampa Azul “que comenzó a implementarse en 2014 con la finalidad de articular las acciones científico-tecnológicas impulsadas desde el Estado Argentino en relación con el mar”. En el artículo se realiza un exhaustivo análisis de los diferentes aspectos investigados del Golfo San Jorge. Se destacan aspectos muy importantes de la contaminación y manejo, teniendo en cuenta las crecientes evidencias del Cambio Climático. Para los que conocen poco sobre las principales técnicas de estudio hay un listado explicativo de las mismas. Como en otros capítulos, se aportan útiles bibliografía y glosario.

Los tres capítulos siguientes abordan problemáticas relacionadas con recursos renovables.

El reconocido experto en el tema de la quema de bosques, Dr. Guillermo Emilio Defossé, del Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica y de la Facultad de Ingeniería - Universidad de la Patagonia, aborda en el capítulo 11 el tema urgente del problema del fuego en la Interfase Urbano-Rural (IUR).

El análisis busca respuesta a la pregunta sobre la sustentabilidad de la política y gestión de los incendios de vegetación en nuestro país, encuadrándolo como un fenómeno socio-ecológico. La discusión se centra en la región de la Patagonia andina. Analizando el objetivo de “lograr garantizar tanto el desarrollo de urbanizaciones seguras como la sustentabilidad de los ecosistemas en estas IURs”.. Insta a revisar políticas no sustentables y reemplazarlas con otras basadas en conocimientos científicos. Destaca su aporte bibliográfico.

En el capítulo 12, especialistas de la Universidad Tecnológica Nacional abordan el análisis del potencial energético renovable del Mar Argentino. Los expertos Carreras, Haim, Pelissero y Lifschitz explican los tipos de energía marina y los métodos para utilizarlas. También detallan el potencial argentino e ilustran sobre tres proyectos en curso, analizando en mayor detalle el proyecto de energía undimotriz de la UTN, Facultad de Buenos Aires. Se trata de iniciativas poco difundidas en los medios a pesar de su gran importancia.

El Geógrafo Roberto D. Jones, permanente colaborador de Ciencia e Investigación, es especialista en el tema del potencial eólico y en climatología del Centro Regional de Energía Eólica (CREE) de Chubut. Destaca en el capítulo 13 la importancia y perspectivas del potencial de la energía eólica para la Patagonia, los logros, dificultades y eventuales atrasos asociados a la implementación de esa tecnología. Jones caracteriza en su artículo la situación actual y las etapas a superar.

Los dos Capítulos siguientes se focalizan en las regiones antárticas y subantárticas, natural tema a considerar junto a la problemática patagónica.

Es conocida la escasez de investigaciones en nuestro país sobre las regiones antártica y subantártica, de necesaria integración al desarrollo y problemáticas patagónicas. El Director del CADIC-CONICET de Ushuaia, Dr. Gustavo Ferreyra, nos ofrece en el capítulo 14 un panorama del desarrollo de áreas marinas subantárticas y antárticas, en el marco de una compleja problemática geopolítica. Se analizan antecedentes y capacidades científicas presentes y futuras y se promueve una estable colaboración con la República de Chile.

Como contribución ilustrativa de las posibilidades de investigaciones solo posibles en la Antártida, le hemos pedido al Dr. Daniel Vigo, Coordinador del Laboratorio de Cronofisiología del Instituto BIOMED (UCA-CONICET), una reseña (capítulo 15) del proyecto de colaboración internacional que lidera, implementado en la Base Belgrano II de nuestro sector Antártico. Se trata de una investigación de gran interés para futuros viajes espaciales y eventuales asentamientos en la Luna o Marte. Vigo explica el modelo de estudio de la desincronización circadiana humana en situaciones de confinamiento y aislamiento extremos.

Finalmente, en los capítulos 16 y 17, de Quesada Allué y Gitlin, se recopilan aspectos relativamente poco conocidos de la organización y viaje de la expedición de Fernando de Magallanes a Sudamérica, en busca del paso al Océano Pacífico.

Lo que condujo al descubrimiento de tierras al Sur del Mar dulce de Solís (Río de la Plata) y al otorgamiento por parte de Magallanes del nombre de Patagones a los primeros habitantes que conocieron en el Golfo de San Julián; generándose así el enigma toponímico de Patagonia, para denominar las tierras de los patagones.

A todos los contribuyentes, nuestro especial agradecimiento. Y un reconocimiento personal a los Dres. Alejandro Mentaberry y Juan José Gil Gerbino, por sus valiosas opiniones e indicaciones. Agradecemos a los miembros del Colegiado Directivo de la AAPC, por su apoyo, sus comentarios y consejos. Agradecemos a revisores la lectura crítica de los textos y a Yesica Ponte su generosa ayuda para la revisión de textos .

## REFERENCIAS

Crespo, E. A. (2009) South American marine mammals. 2nd. Edition Encyc. Mar. Mamm. Ac Pr 1071- 1076

Crespo, E. A. (2022) Long-term population trends of Patagonian marine mammals and their ecosystem interactions in the context of climate change. Chapter 9 in: Global change in Atlantic coastal Patagonian ecosystems: A journey through time. Springer Nature, Serie: Natural and Social Sciences of Patagonia. (Eds: E.W. Helbling, M. Narvarte, R.A. González & V.E. Villafañe).

Gonzalez, P. D. y Naipauer, M. (2020) "Early Paleozoic structural and metamorphic evolution of the Transpatagonian Orogen related to Gondwana assembly" International Journal of Earth Sciences 110(2). DOI:10.1007/s00531- 020-01939-0 Editorial 5

Keidel, J. (1925) "Sobre el desarrollo paleogeografico de las grandes unidades Geologicas de la Argentina". Soc. Arg.Est.Geogr.GAEA.Anales 4:251-312

Moreno, F. P. (1882). "Patagonia, resto de un antiguo continente hoy sumergido". Anales de la Sociedad Científica Argentina 14: 97-131, Buenos Aires.

Ramos, V. (2008) "Patagonia: a Paleozoic continent adrift." J. of South American Earth Sciences 26:235-251

Ramos, V. A. y Naipauer, M. (2014) "Patagonia: Where does it come from?" Journal of Iberian Geology. 40(2):367- 379

Sowerby, G. B. II (1846). Descriptions of the Tertiary fossil shells from South America. In Darwin, C. Geological observations on South America. Being the third part of the geology of the voyage of the Beagle, under the command of

Capt. Fitzroy, R. N. during the years 1832 to 1836. Smith Elder and Co. Ed., Appendix: 249-264, London.

Tomezzoli, R. N. (2012) "Chilena y Patagonia, ¿Un mismo continente a la deriva? Revista de la Asociación Geológica Argentina; Vol 69, No 2

## CAPÍTULO 1

# Cuando crear una “identidad nacional” en los territorios patagónicos fue interés prioritario del Estado argentino

**Susana Bandieri**

Dra. en Historia, Investigadora principal del CONICET en el Instituto Patagónico de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales –IPEHCS- (CONICET-Universidad Nacional del Comahue), Neuquén, Argentina.

susana.bandieri@gmail.com

16

**Palabras clave:** *Incremento, Penetración, Estatal, Patagonia, Argentina.*

**Keywords:** *Increasing, State, Penetration, Patagonia, Argentina.*

### Resumen

Con el auge del pensamiento nacionalista de las décadas de 1920 y 30 comenzó a visualizarse a la Patagonia como un “área problema” que requería de la urgente intervención del Estado para completar el proceso de “argentinización”, considerado en la época extremadamente débil en lo relativo a la defensa de los intereses nacionales. El territorio estatal, por la creciente influencia del pensamiento geopolítico, se convirtió entonces en un elemento central a la hora de fijar identidades nacionales, con especial atención a las áreas fronterizas que habían funcionado por años como espacios sociales de interacción. La frontera argentino-chilena comenzó entonces a ser interpretada, y por ende incorporada por la sociedad regional, como verdadero límite entre los Estados. Consecuentemente con ello, una serie de medidas “correctivas” comenzaron a aplicarse en el caso patagónico, en directa relación con formas de penetración más efectivas del Estado nacional y en coincidencia con afirmaciones territoriales y simbólicas de una presencia que, hasta entonces, y con pocas excepciones, había sido escasamente significativa.



## Abstract

### When a “National Identity” creation in Patagonian territories was an Argentine country priority

With the heyday of the nationalist thought in the decades of 1920s and 30s, Patagonia began to be visualized as a “problem area” that required the urgent intervention of the State to complete the “Argentinization” process, considered extremely weak at the time related to the defense of national interests. The state territory, due to the growing influence of geopolitical thought, then became a central element when it came to establishing national identities, with special attention to border areas that had functioned for years as social spaces for interaction. The Argentine-Chilean border then began to be interpreted, and therefore incorporated by regional society, as a true boundary between the States. Consequently, a series of “corrective” measures began to be applied in the Patagonian case, in direct relation to more effective forms of penetration of the national State and in coincidence with territorial and symbolic affirmations of a presence that, until then, and with few exceptions, it had been barely significant.

## A MANERA DE PRESENTACIÓN<sup>1</sup>

Cuando se habla de Estado nacional, concepto por demás complejo que involucra una variedad de cuestiones, comúnmente se hace referencia a uno de sus atributos más visibles: el control de un territorio definido por fronteras, que además se entienden como límites con otros Estados nacionales.<sup>2</sup> Ahora bien, si se piensa en la historia nacional Argentina y, dentro de ella, en la región patagónica, la cuestión de asegurar los límites jurídico-administrativos aparece recién como preocupación definitiva de los gobiernos en la segunda mitad del siglo XIX, cuando las instituciones nacionales, en proceso de consolidación, decidieron extender coercitivamente sus dominios sobre la sociedad indígena, hasta entonces soberana de esos territorios, ampliando una “frontera interna” móvil y permeable que impedía la expansión agropecuaria que exigía la plena incorporación del país al mercado internacional.

La “nacionalización” del Estado implicó entonces el avance de las formas de ejercicio del poder sobre nuevos espacios del norte y sur del país, definidos desde entonces como Territorios Nacionales en directa alusión a la “falta de madurez” para su incorporación definitiva como provincias argentinas. A esos fines se crearon, por ley 1532 del 16 de octubre de 1884, los Territorios Nacionales de Chaco, Formosa y Misiones en el norte, la Pampa en el área central del país y, en el sur, por división de la Gobernación de la Patagonia, los de Neuquén, Río Negro, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego, estableciendo sus superficies, límites, forma de gobierno y administración. Hasta mediados de la década de 1950, en que se convirtieron en provincias -con la sola excepción de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur que lo hizo en 1990-, los Territorios

Nacionales fueron simples divisiones administrativas carentes de autonomía y absolutamente dependientes del gobierno central. En consecuencia, sus habitantes no fueron hasta mediados del siglo XX ciudadanos plenos de la nación por cuanto no participaban de las elecciones ni tenían representación alguna en el Congreso nacional.

Debe sin embargo tenerse en cuenta que, al momento de crearse los Territorios Nacionales, se fijaron sus límites desde el gobierno central sobre superficies no siempre bien conocidas y escasamente estudiadas, sin relación alguna con la reivindicación de pasados comunes de los pueblos dominados que, de hecho, fueron marginados y excluidos del proceso, cuando no exterminados, desconociendo siglos de contactos –no exentos de conflictos- entre las poblaciones hispano-criollas y nativas. De allí entonces que cualquier estudio que pretenda eludir tales herencias comunes (Fontana, 1988:5-16), difícilmente logre una comprensión exacta de la realidad regional. En la Patagonia, como en cualquier otro espacio regional/binacional, sujetar los procesos históricos a los límites políticos de provincias y/o naciones, impuestos desde un Estado central en formación, implica altísimos riesgos comprensivos. Máxime en aquellas zonas marginales al proceso de expansión económica nacional -con fuerte centro en la producción agropecuaria destinada a la exportación por los puertos del Atlántico-, como es el caso que nos ocupa en las áreas patagónicas, lindantes con Chile a través de una cordillera permeada por numerosos pasos fronterizos.

Factores de vieja data hicieron que estas zonas, tradicionales abastecedoras de ganado al mercado del Pacífico, siguieran manteniendo sólidos contactos económicos y socio-culturales con los centros y puertos chilenos por encima de la intención de imponer límites políticos. La débil presencia institucional de ambos Estados –argentino y chileno- y la larga perdurabilidad del régimen de “cordillera libre” para el tránsito de bienes y personas (Bandieri, 2010) facilitó la supervivencia de tales relaciones, convirtiendo a la frontera en un espacio social de larga duración y funcionamiento característico. Si bien la conquista militar de los territorios indígenas actuó como primer elemento desestabilizador importante de tal funcionamiento fronterizo al imponer las formas capitalistas de producción, las tendencias mercantiles sobrevivieron, con nuevas reglas y otros actores, hasta avanzado el siglo XX. Fueron los mismos Estados nacionales los que, al sobrevenir el derrumbe del modelo exportador con la crisis internacional de los años 1929-30 y profundizarse el modelo sustitutivo de importaciones en la segunda post-guerra, impusieron controles policiales y económicos al tránsito cordillerano, los que habrían terminado por descomponer definitivamente las relaciones descriptas (Bandieri, 2010).

Una de las consecuencias más visibles de esta persistente articulación socioeconómica se relaciona con el alto poblamiento con grupos migrantes transcordilleranos que caracterizó a las áreas fronterizas de la Patagonia, muchos de ellos mestizos e indígenas que reingresaron al territorio argentino una vez terminadas las campañas militares; otros, como producto de la expulsión de las

poblaciones rurales chilenas a causa de los procesos de colonización de ese país que los excluían -favoreciendo claramente a las poblaciones de origen alemán o suizo-; de las duras condiciones laborales existentes en ese país y; siempre, de la esperanza de poder hacerse de tierras propias en la Argentina. Fue así que importantes contingentes campesinos penetraron por los pasos de Neuquén y Río Negro para establecerse allí, o para avanzar más al sur en dirección a los fértiles valles chubutenses (Finkelstein y Novella, 2005). Esto generó en las áreas andinas una ocupación mayoritaria con población de estos orígenes, condición que aparece muy claramente expuesta desde los primeros registros censales y que se extiende considerablemente en el tiempo, tal y como informan, entre otros, los inspectores de tierras fiscales.<sup>3</sup>

Las medidas arancelarias para cortar definitivamente el intercambio comercial espontáneo a través de la cordillera de los Andes tomadas por ambos Estados -argentino y chileno- en el período 1920-1945, nos indicaron tempranamente la necesidad de aventurar una nueva periodización para los espacios patagónicos en directa alusión a las formas de penetración más efectivas del Estado nacional, vinculadas con afirmaciones territoriales y simbólicas de una presencia que, hasta entonces, y con pocas excepciones, se había mostrado como escasamente significativa.

No caben dudas de que, una vez producida la ocupación militar del espacio patagónico en la segunda mitad del siglo XIX, y aún antes, el Estado nacional hizo sentir su presencia a partir del accionar de una serie importante de “agentes civilizadores” portadores de la modernidad, como militares, científicos, técnicos y religiosos, entre otros. Luego, una vez creados los Territorios Nacionales, una estructura administrativa fuertemente centralizada acentuó la dependencia política y la intervención jurídica sobre sus habitantes. Sin embargo, en términos sociales, las carencias de todo tipo en materia de infraestructura en transportes y comunicaciones, la escasez de escuelas y maestros, la falta de dependencias nacionales de control en muchos de los aspectos de la cotidianeidad territorial, permitieron ciertas dosis de independencia y la reproducción de funcionamientos relictuales, tal y como fueron los contactos económicos y socio-culturales con el vecino territorio de Chile.

Como parte del incipiente proceso de efectivización de la soberanía en las nuevas tierras, pareció ser relevante dotar a la sociedad regional de elementos que permitiesen afirmar su identidad nacional. Fueron frecuentes entonces las referencias a la necesidad de “argentinizar” a la población. Esto quiere decir, dotar al medio social de referencias ideológicas que le hicieran sentirse parte de una comunidad nacional pensada como culturalmente homogénea. Pero este proceso no fue rápido ni sencillo en la Patagonia, sobre todo en las zonas fronterizas donde la población india, chilena y mestiza era dominante, particularmente en las áreas rurales, y significativamente mayoritaria.

Como es sabido, la escuela pública tuvo, en el ámbito nacional, una importancia crucial en el proceso de creación de una identidad colectiva consustanciada con el modelo de nación que la generación de 1880 pretendía imponer. La ley 1420 de educación laica, gratuita y obligatoria, sancionada en 1884, era el instrumento idóneo para asegurar el control estatal del aparato educativo en la escuela primaria. La formación de los maestros, el uso de guardapolvos blancos y de libros comunes de lectura, así como los planes de enseñanza nacionales, fueron parte del mismo proceso. La enseñanza de una geografía orientada a resaltar los límites territoriales y de una historia también encerrada en esos mismos límites, con héroes destacados y fechas que se identificaban con el nacimiento definitivo de la nación -como el 25 de mayo-, se impusieron en las escuelas públicas nacionales (Romero 2004). Las mismas intenciones estuvieron presentes en la Patagonia, al menos en el discurso oficial. Pero, en la práctica, la realidad fue muy diferente. Aunque los difíciles momentos que se vivieron sobre fines del siglo XIX, cuando los conflictos limítrofes con Chile hacían pensar en una guerra inminente, afirmaron la “cuestión nacional”, provocando entre otras cosas el retorno circunstancial de la población chilena a su país, el tema tendía a diluirse a medida que las hipótesis de conflicto también lo hacían. Tampoco el discurso poblador de la frontera, que implicaba la instalación de colonos como forma de radicar soberanía, fue efectivo en la práctica, tal y como muestra el proceso de distribución de la tierra pública en grandes superficies y pocas manos (Bandieri, 2005).

Permanentes referencias documentales y periodísticas dan cuenta de la precariedad en que se desenvolvía el sistema educativo, sin duda el más efectivo a la hora de pretender “argentinizarse” a los territorios. La carencia de escuelas, la escasez de maestros, los salarios insuficientes y una permanente situación de indefensión presupuestaria se reflejaban permanentemente en la realidad patagónica (Teobaldo, 2000). Exactamente lo mismo ocurría con el sistema de salud. Los reclamos de la población y de las propias autoridades locales eran constantes y no hacían más que reflejar una realidad generalizada. Aun cuando la liturgia estatal intentaba penetrar, y de hecho lo hacía, especialmente en la celebración de las fiestas patrias, que trascendían el espacio escolar y convocaban a amplios sectores de la comunidad en cada una de las localidades patagónicas, debe necesariamente relativizarse la efectividad de estos esfuerzos de reproducción del modelo argentinizador nacional por cuanto, simultáneamente, se festejaban otras fechas patrias como las chilenas -18 de septiembre- o la llegada de los galeses al Chubut -28 de julio- (Baeza 2003a).

Puede asegurarse que los cambios internacionales, nacionales y, sobre todo, regionales que trajo aparejados el avance del siglo XX -donde las huelgas de los obreros rurales patagónicos de los años 1921-22 no son un dato menor-, unidos a la ideología nacionalista que paulatinamente se fue instalando en los grupos de poder (Bertoni, 2001) motivaron, en las décadas de 1920, 30 y 40, crecientes medidas de intervención estatal en ámbitos que hasta entonces habían permanecido relativamente descuidados.

Recuérdese que la policía y la justicia, sobre todo los jueces de paz, eran los precarios instrumentos disponibles del orden estatal en los Territorios Nacionales en sus primeros años. Hasta la década de 1920, cuando como consecuencia de las huelgas de los trabajadores rurales en las estancias patagónicas se reorganizaron las fuerzas policiales para otorgarles mayor profesionalismo, los controles fueron escasamente efectivos. Máxime si se tiene en cuenta que la mayoría de los cuerpos de seguridad estaban conformados por individuos de la misma extracción social que aquellos que se quería controlar, muchas veces incluso de nacionalidad chilena dada la abrumadora cantidad de población de ese origen que poblaba la Patagonia.

Las fronteras del sur fueron identificadas entonces como foco de penetración de una serie importante de enemigos, desde los “insurgentes rojos” hasta los “conspiradores chilenos” que pretendían ocupar el territorio. La “argentinización” de sus habitantes se convirtió entonces en preocupación central de los gobiernos. El incremento de la presencia de filiales de la Liga Patriótica Argentina aún en pequeñas localidades de la Patagonia desde la misma década de 1920, así lo atestigua.<sup>4</sup>

La construcción de infraestructura en caminos y comunicaciones mediante el accionar de la Dirección Nacional de Vialidad, creada en 1932,<sup>5</sup> la edificación de puentes, la conclusión de líneas férreas, la creación de escuelas y otros organismos nacionales con intervención directa en la región, fue la respuesta a estos “peligros” que amenazaban no sólo a la cultura, sino también, y especialmente, al territorio nacional. En ese mismo sentido, se incrementó la explotación de los recursos petroleros, gasíferos y carboníferos bajo el control del Estado nacional –YPF y YCF- (Cabral Marques y Crespo, 2006) y se establecieron dependencias militares en los espacios más estratégicos a los efectos de proteger la vulnerabilidad de la soberanía nacional que se suponía amenazada desde diversos frentes.<sup>6</sup>

La creación de escuelas de frontera y la generalización de rituales escolares también se intensificó en la década de 1930, cuando la necesidad de crear una “identidad nacional” en los territorios patagónicos fue declarada de interés prioritario por el Estado nacional. Estas escuelas, creadas en espacios rurales fronterizos, mayoritariamente ocupados por indígenas y pobladores de origen chileno –considerados como “población problema”-, eran entendidas, en tanto divulgadoras del discurso patriótico nacional, como las herramientas más importantes para la construcción de un ideal colectivo de nación. (Baeza, 2003b; Meccozzi, Carey y Lusetti, 2011:51-124). Destaca un documento del Consejo Nacional de Educación de 1930, *“la imprescindible tarea de argentinizar cada vez más a la Patagonia, de inculcar constantemente la enseñanza patriótica y nacionalista, de infundir en las escuelas y en los vecindarios el culto a nuestros héroes y símbolos, el amor a la libertad y veneración a nuestras instituciones”*.<sup>7</sup>

De esa manera, una liturgia estatal plagada de simbolismos iba penetrando en la sociedad regional y los espacios patagónicos cambiaban su fisonomía a medida que se “argentinizaban” y se identificaban más plenamente con los ideales identitarios de homogeneización nacional, en tanto que paralelamente crecía el prejuicio anti chileno. Otro tanto, pero a la inversa, ocurría en Chile, y poco a poco se cortaban los antiguos vínculos históricos impuestos por la anterior necesidad de subsistir. El proceso de transformación y modernización refundacional se puso en marcha en el intento de cortar definitivamente con la imagen del “desierto” patagónico, incorporando irreversiblemente a la nación a un espacio regional que hasta aquel momento había seguido siendo periférico. Recién entonces, en la segunda mitad de la década de 1950, cuando tales vínculos se suponían cortados, se resolvió el largo y conflictivo problema de la conversión de los Territorios Nacionales en provincias y de sus habitantes en ciudadanos plenos de la nación.

## **SAN CARLOS DE BARILOCHE: UN EJEMPLO DE LA EXPERIENCIA “ARGENTINIZADORA”**

En el mes de mayo del año 1934 concluyó la línea ferroviaria que unía el puerto de San Antonio con la localidad rionegrina de San Carlos de Bariloche, iniciada en 1910, pero no ya como parte de un proyecto integrador de la Patagonia, como había sido el del Ministro de Obras Públicas Ezequiel Ramos Mexía en esos años (Bandieri, 2009), sino al servicio de un modelo de desarrollo turístico internacional manejado centralmente por el Estado nacional.

Cabe recordar que en el año 1903 se había producido la donación de tierras del Perito Moreno para la instalación de una reserva natural en la zona andina, aunque la creación definitiva del inicialmente llamado “Parque Nacional del Sur” se demoraría hasta el año 1922. Pese a las restricciones que la medida implicaba para la preservación de los recursos naturales –prohibición de la tala de árboles y su explotación industrial y de la matanza de animales, entre otras-, sus efectos en la práctica no empezaban a evidenciarse hasta la creación de la Dirección de Parques Nacionales en 1934, cuando se formalizó la existencia del Parque Nacional Nahuel Huapi en los entonces territorios nacionales de Río Negro y Neuquén.

El primer Director de Parques Nacionales fue Exequiel Bustillo, quien inauguró una nueva época cambiando definitivamente el perfil de la localidad y transformado a San Carlos de Bariloche de una aldea agro-pastoril vinculada al comercio con Chile en un centro turístico internacional (Méndez, 2010). Menos de una década después, en 1940, la llegada de turistas a Bariloche había aumentado de 600 a 4.000 personas. Esto también guarda directa relación con el interés de las administraciones políticas de la época por fortalecer su presencia en los ámbitos fronterizos. Para ello se dotó a la nueva ciudad de la infraestructura



necesaria, construyéndose los edificios característicos que aún hoy conserva, como el Centro Cívico y el hotel Llao Llao, que la asemejaron rápidamente a una aldea suiza.

Los cambios en la urbanización de Bariloche, bajo el diseño del arquitecto Alejandro Bustillo, hermano del anterior, se acompañaron con una dotación importante de servicios (agua corriente, pavimento, cloacas, etc.) y una amplia red de caminos dentro del área del Parque Nacional. El Automóvil Club Argentino, el hospital regional, el Banco de la Nación Argentina, la avenida costanera y la catedral, concluida en 1947, todos con idéntico estilo arquitectónico, fueron parte del mismo proceso de modernización, con el acuerdo de las autoridades municipales que también se favorecieron con los cambios. Sin duda que estas importantes obras demandaron ingentes esfuerzos presupuestarios que la Nación estuvo dispuesta a hacer, en parte por las conexiones personales de Bustillo con las administraciones conservadoras de la década de 1930, pero mayormente por el interés, ya señalado, de consolidar la jurisdicción argentina en las áreas fronterizas de la Patagonia, cuestión que se profundizó con el golpe militar de



**Figura 1:** Centro Cívico San Carlos de Bariloche [https://www.rionegro.com.ar/la-arquitectura-patrimonial-regional-BGRN\\_863121/](https://www.rionegro.com.ar/la-arquitectura-patrimonial-regional-BGRN_863121/)

junio de 1943, que marcó el fin de la era Bustillo, cambiando el perfil elitista de Bariloche por un turismo de carácter más popular, pero su definitiva orientación hacia los centros argentinos ya estaba consolidada. El proceso “argentinizador” había dado sus frutos.

## Referencias

Baeza B. (2003a) Las prácticas sociales de conmemoración en el espacio fronterizo de la Patagonia Austral: las fiestas aniversarios de localidades. *Revista Espacios*. IX (26). Río Gallegos, Universidad Nacional de la Patagonia Austral.

Baeza B. (2003b) Las prácticas sociales de conmemoración en el Departamento Tehuelches. Los actos cívicos en la época territorialiana. En Baeza B. y Cabral Marques D. (comp.) *Resistir en la frontera. Memoria y desafíos de la sociedad de Gobernador Costa y el Departamento Tehuelches*, Comodoro Rivadavia, Municipalidad de Gobernador Costa y Subsecretaría de Cultura de la Provincia de Chubut.

Bandieri S. (2005) Del discurso poblador a la praxis latifundista: La distribución de la tierra pública en la Patagonia. *Mundo Agrario. Revista de Estudios Rurales*, 6 (11), CEHR-Universidad Nacional de La Plata (<https://www.mundoagrario.unlp.edu.ar/issue/view/v06n11>)

Bandieri S. (2009) *Pensar una Patagonia con dos océanos. El proyecto de desarrollo de Ezequiel Ramos Mejía*. Quinto Sol 13: 47-72, Santa Rosa, Universidad Nacional de La Pampa, (<https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/quintosol/issue/archive>)

Bandieri S. (2010) Del Pacífico al Atlántico: políticas de Estado y reorientación mercantil de la ganadería patagónica. *Cuadernos de Historia* 32: 55-76, Departamento de Ciencias Históricas, Facultad de Filosofía y Humanidades, Universidad de Chile

Bandieri S. (2011) [2005; 2009] *Historia de la Patagonia*. Buenos Aires, Sudamericana.

Bandieri S. (2013) Cuando las fronteras fueron límites: el incremento de la penetración estatal en la Patagonia argentina. Ponencia presentada en el “II Taller Binacional Argentino-Chileno. Araucanía-Norpatagonia: cultura y espacio”, reproducida en Nicoletti M. A. y Núñez P. (comp.) *Araucanía-Norpatagonia: la territorialidad en debate. Perspectivas ambientales, culturales, sociales, políticas y económicas*, pp. 137-148; San Carlos de Bariloche, IIDPCA (CONICET-Universidad Nacional de Río Negro)

Bandieri S. (2018) 'Argentinizar a los patagónicos': la preocupación del Estado argentino por generar una identidad nacional en la Patagonia. Conferencia publicada en Hammerschmidt C. y Pollastri L. (Eds). Patagonia plural. Identidades híbridas e intersecciones epistemológicas en una región transfronteriza, pp. 31-44. London-Deutschland, INOLAS Publishers LTD

Bertoni L. A. (2001) Patriotas, cosmopolitas y nacionalistas. La construcción de la nacionalidad argentina a fines del siglo XIX. Buenos Aires, Fondo de Cultura Económica.

Cabral Marques, D. y Crespo, E. (2006) Entre el petróleo y el carbón: Empresas estatales, trabajadores e identidades sociolaborales en la Patagonia Austral (1907-1976). En Bandieri S., Blanco G. y Varela G. (dir.) Hecho en Patagonia. La historia en perspectiva regional, Neuquén, EDUCO -Editorial Universitaria UNCo

Chesneaux, J. (1972) La inserción de la historia en el espacio: la geopolítica. En Chesneaux J. ¿Hacemos tabla rasa del pasado? pp. 180-191; México, Siglo XXI

Finkelstein, D. y Novella, M. M. (2005) [2001] Frontera y circuitos económicos en el área occidental de Río Negro y Chubut. En Bandieri S. (coord.) Cruzando la cordillera... La frontera argentino-chilena como espacio social. Neuquén, EDUCO -Editorial Universitaria, Universidad Nacional del Comahue

Fontana, J. (1998) Estado, Nación e Identidad. Travesía 1, pp. 5-16; Universidad Nacional de Tucumán

McGee Deutsch S. (2003) Contrarrevolución en la Argentina, 1900- 1932. La Liga Patriótica Argentina, Universidad Nacional de Quilmes.

Meccozzi M. C., Carey A. y Lusetti, L. (2011) El intento por modelar argentinos. Escuelas, maestros, conmemoraciones y festejos en el Oeste del Territorio de Río Negro (1910-1945. En Méndez L. (dir.) Historias en movimiento. Cuerpo, educación y tiempo libre en la Norpatagonia 1884-1945, Rosario, Prohistoria Ediciones

Méndez L. (2010) Estado, frontera y turismo. Historia de San Carlos de Bariloche. Buenos Aires, Prometeo Libros

Romero L. A. (coord.) (2004) La Argentina en la escuela. La idea de nación en los textos escolares, Buenos Aires, Siglo XXI

Ruffini M. (2005) Gestando ciudadanía en la cordillera: Participación y representación política en la región andina rionegrina (1920- 1945). En Rey H. D. (comp.) La Cordillera Rionegrina. Economía, Estado y Sociedad en la primera mitad del s. XX. Viedma, Río Negro

Teobaldo M. (dir.) (2000) Sobre maestros y escuelas. Una mirada a la Educación desde la Historia. Neuquén, 1884-1957. Rosario, Arca Sur Ediciones

## Notas

1. Este tema ha sido desarrollado por la autora en otras oportunidades: presentado como ponencia en el II Taller Binacional ArgentinoChileno. Araucanía-Norpatagonia: cultura y espacio, realizado en San Carlos de Bariloche (Bandieri, 2013) y reproducido como conferencia en otra versión por la Universidad de Jena, Alemania (Bandieri, 2018).

2. Seguimos en este punto a Jean Chesneaux, quien diferencia a la frontera-zona como área de aproximación y contactos económicos, sociales y culturales, de la fronteralínea, forma tradicional de tratar a la frontera en el sentido de un límite que demarca un territorio y divide poblaciones (Chesneaux, 1972).

3. En una inspección correspondiente a la Sección C de la Zona Andina -área sudoeste de Neuquén-, realizado a comienzos de 1920, se observan claramente las características de esta "sociedad de frontera": sobre 994 pobladores, 179 son argentinos, 323 chilenos, 470 indígenas y un pequeño número repartido entre nacionalidades diversas. Dentro de la población argentina, caracterizada como "criolla", figuraban mayoritariamente los hijos de chilenos nacidos en Neuquén. (Dirección General de Tierras, Territorio del Neuquén, Sección C Zona Andina y Asuntos Varios, Tomo IX, 1920, Expte. N° 182-T-1922, fs. 50-51).

4. La revolución rusa y los importantes conflictos sociales y políticos de la posguerra en Europa, generaron un fuerte temor al llamado "peligro rojo" -avance del comunismo- y a la alteración del "orden social" existente. Ello motivó en 1919 el surgimiento de grupos parapoliciales, como la Liga Patriótica Argentina, que actuaron represivamente en huelgas y movimientos de sectores trabajadores y contra otros grupos sociales de origen extranjero (McGee Deutsch 2003). Las brigadas de la Liga Patriótica se generalizaron en toda la región a partir de 1920, llegando a contabilizarse un número de 75 en los años 1921 y 22, ubicadas en los distintos pueblos de la región (Ruffini, 2005).

5. La red de rutas y caminos terrestres construida por el Estado, unida al auge de la industria automotriz mundial, permitió afianzar la integración del territorio nacional. La ruta 3, que recorría la costa atlántica, y la 40, que bordeaba la cordillera sirvieron, en el caso de la Patagonia, para fortalecer la circulación regional de bienes y personas.

6. Una importantes serie de regimientos militares se instalaron en Covunco y Zapala, en Neuquén, y en el área petrolera de Chubut y Santa Cruz, creándose además la VI<sup>o</sup> División del Ejército con jurisdicción sobre los territorios patagónicos, cuyo comando se trasladó desde Bahía Blanca a Neuquén en 1940. Como fuerza encargada de la vigilancia fronteriza se conformó Gendarmería Nacional en 1938, en tanto que años después, en 1944, se concretaba la creación de la Gobernación Militar de Comodoro Rivadavia.

7. El Monitor de Educación, Buenos Aires, 1930:132 (cit. en Mecozzi, Carey y Lusetti, 2011:62)

## CAPÍTULO 2

### Francisco P. Moreno en el avance del conocimiento de la Patagonia

**Alberto C. Riccardi**

CONICET y Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, Paseo del Bosque s/n, 1900 La Plata, Argentina

riccardi@museo.fcnym.unlp.edu.ar

**Palabras clave:** *F.P. Moreno, Patagonia, geografía, geología, límites internacionales.*

**Keywords:** *F.P. Moreno, Patagonia, geography, geology, international boundaries.*

28

#### Resumen

Las contribuciones de Moreno al conocimiento de la Patagonia comenzaron con las exploraciones que inició en 1873 y que se extendieron a los años siguientes, hasta 1880. Luego de la fundación del Museo de La Plata en 1884 tomaron mayor envergadura y aunque los estudios abarcaron desde la Puna hasta Tierra del Fuego, estuvieron mayormente centrados en la Patagonia y en la región andina, y adquirieron mayor dimensión a partir de 1893 debido a los trabajos vinculados al estudio del límite con Chile. Con ello en aproximadamente 20 años se sentaron las bases geográficas y geológicas de regiones prácticamente desconocidas. El estudio de la geología entre el Seno de la Última Esperanza, y el lago Belgrano se debió fundamentalmente a R. Hauthal, quien estableció la estratigrafía general de esa región y publicó el primer mapa geológico de la región cordillerana ubicada entre c. 49° 30' y 52° S. Las bases de la geología al norte del Lago Buenos Aires, hasta el río Negro, fueron establecidas por Santiago Roth. La sucesión estratigráfica, variaciones faciales y estructurales en sentido este-oeste de la región correspondiente a los lagos Nahuel Huapi y Lacar fue estudiada por L. Wehrli, y la de la cordillera argentino-chilena a la latitud del Neuquén y Mendoza se debió fundamentalmente a C. Burckhardt, con los aportes de R. Hauthal para la



región entre los ríos Atuel y Diamante. En el Mesozoico y Cenozoico de esta extensa región se efectuaron importantes colecciones paleontológicas de invertebrados, plantas y vertebrados, que fueron estudiadas respectivamente, por C. Burckhardt, F. Favre, W. Paulcke, O. Wilckens, F. Lahille y H. Ihering, por F. Kurtz, y por F. P. Moreno, A. Mercerat, A. S. Woodward, R. Lydekker y F. Ameghino. Todas ellas fueron la resultante de las iniciativas y planificación de Moreno, en pos de los objetivos que el mismo estableciera. A Moreno se debió el inicio de los Parques Nacionales en la cordillera patagónica, así como una serie de proyectos ferroviarios. Colaboró además con los estudios de B. Willis para el desarrollo del norte de la Patagonia y la construcción de una ciudad industrial al este del lago Nahuel Huapi.

## Abstract

### Francisco P. Moreno in the advancement of knowledge of Patagonia.

Moreno contributions to the knowledge of Patagonia, began in 1873 with his first exploratory trips and continued in the following years, until 1880. After the creation of the La Plata Museum, they became more important and although covering the Andean region between Puna and Tierra del Fuego, their main focus was in the Patagonian Andes. They took relevance from 1893 onwards when they became related to geographic explorations aimed at fixing the boundary between Argentina and Chile. As a result, in about twenty years the geographic and geological basis of extensive and almost unknown regions were established. The study of the area between the Ultima Esperanza Inlet and lago Belgrano was mainly due to R. Hauthal, who defined its general stratigraphy and published the first geological map of the cordilleran region between c. 49° 30' and 52° S. The general geological scheme north of Lago Buenos Aires, to río Negro, was established by Santiago Roth. The stratigraphic succession, facies and structural changes through the argentine-chilean cordillera at the latitude of Lago Nahuel Huapi and Lago Lacar was studied by L. Wehrli, whilst at the latitude of Neuquén and Mendoza was mainly due to C. Burckhardt, with the contribution of R. Hauthal for the region between the Atuel and Diamante rivers. Important collections of Mesozoic and Cenozoic invertebrates, plants and vertebrates were made in these large areas, which were studied, respectively, by C. Burckhardt, F. Favre, W. Paulcke, O. Wilckens, F. Lahille y H. Ihering, by F. Kurtz, and by F. P. Moreno, A. Mercerat, A. S. Woodward, R. Lydekker and F. Ameghino. All of them were the result of the initiatives and planning of Moreno, in the pursuit of the objectives he established. To Moreno is also due the start of National parks in the Patagonian cordillera, as well as a series of railway line projects. He also collaborated with B. Willis studies for the development of northern Patagonia and the construction of an industrial city east of Lake Nahuel Huapi.

## INTRODUCCION

Hasta 1870, año en que el capitán inglés Jorge Musters efectuó su travesía entre Punta Arenas y Carmen de Patagones (Musters, 1870), el conocimiento que se tenía de la Patagonia se hallaba restringido a algunas observaciones aisladas, mayormente limitadas al litoral atlántico, realizadas por navegantes y exploradores extranjeros.

Los reconocimientos de Fernando de Magallanes en 1520, registrados por el cronista Fernando Antonio Pigafetta, fueron seguidos entre los siglos XVI y XVII por numerosas expediciones marítimas a lo largo de la costa patagónica. El interior en cambio permaneció poco conocido, pese a algunos viajes de los misioneros jesuitas Nicolás Mascardi en 1670-2, José Cardiel, José Quiroga y Matías Strobel en 1745 y a la exploración de Antonio de Viedma, en 1782, de la región entre Puerto San Julián y el lago que lleva su nombre. Las observaciones más amplias y detalladas, basadas generalmente en relatos de terceros, fueron sin embargo transmitidas a la posteridad por otro misionero el Padre Tomás Falkner (1774).

En 1826 los buques ingleses “Beagle” y “Adventure” comenzaron una serie de exploraciones científicas al mando del capitán Parker King, las que continuarían entre 1830 y 1836 bajo la dirección del capitán Roberto Fitz Roy. En esta última época, en 1831, se unió a la expedición el naturalista de sólo 22 años Carlos Darwin, a quien se deben los primeros estudios geológicos sobre la Patagonia que merecen ser tomados en consideración. La búsqueda del lago que da origen al río Santa Cruz, intentada en 1834, fracasó a sólo pocos kilómetros del mismo y a la vista de los cerros que lo circundan, tales como el Hobler y Castillo bautizados por Fitz Roy. No obstante, fue en ese recorrido que Darwin (1842, 1846) realizó diversas observaciones geológicas sobre el interior de la Patagonia.

Aproximadamente en la misma época, en 1829, Alcides d’Orbigny en el curso de un viaje de estudios por América del Sur llegó a Carmen de Patagones, localidad en la que permaneció nueve meses y desde la cual recorrió la región aledaña, mayormente la costera entre los 40º y 42º de latitud sur, y efectuó estudios, en especial referidos al Terciario, los cuales serían luego incorporados a la síntesis geológica presentada en su obra “Voyage dans l’Amerique Meridional” (1842).

Notablemente, hasta los viajes de Moreno, realizados entre 1875 y 1880 al Nahuel Huapi, Tecka y los lagos Argentino, Viedma y San Martín, el interior de la Patagonia era virtualmente desconocido, en especial la vertiente oriental de la cordillera. Es que como dijera Moreno la Argentina civilizada tenía “como centros principales extremos, el Azul en la Provincia de Buenos Aires, Río IV en la de Córdoba, Villa Mercedes y San Luis en la de este nombre, y San Rafael en la de Mendoza; Bahía Blanca era un punto aislado, y había peligro de muerte en cruzar desde allí hasta el Azul o el Tandil” (Moreno, 1898, p. 207). “Sólo Carmen de Patagones, la población que fundara Antonio de Viedma en 1779, era la vigía

solitaria y aislada que apuntaba hacia el desolado sur” (Destefani, 1977, p. 31). La colonia galesa del río Chubut iniciada en 1865, era “un oasis en el desierto. . . el Puerto Deseado se encontraba... en el mismo estado en que lo dejara Viedma... y la bahía de Santa Cruz permanecía tan solitaria como en el tiempo en que el almirante Fitz Roy reparara en ella . . . las averías de la veterana Beagle” (Moreno, 1898, p. 208-9). La isla Pavón en la desembocadura del río Santa Cruz y la isla de los Estados más al sur, eran los enclaves donde un pequeño grupo de hombres encabezado por el Comandante Luis Piedrabuena reivindicaba la soberanía argentina hasta el Cabo de Hornos (Riccardi, 1987).

## LAS EXPLORACIONES DE MORENO (1875-1880)

Las exploraciones de Moreno a la Patagonia tuvieron siempre los mismos propósitos, según sus propias palabras, “conocer esos territorios hasta sus últimos rincones y convencer con pruebas irrecusables a los incrédulos y a los apáticos, del gran factor que, para nuestra grandeza, sería la Patagonia, apreciada en su justo valor” (Moreno, 1898, p. 209).

Su primer viaje a Carmen de Patagones en 1873 fue seguido en 1874 por otro, en barco, hasta la desembocadura del río Santa Cruz. Entre fines de 1875 y principios de 1876 a los 23 años de edad se convirtió en el primer hombre civilizado en alcanzar el lago Nahuel Huapi desde el Atlántico. Y en 1876-1877 realizó una expedición en barco a Santa Cruz, pasando por Chubut, con el objeto de reconocer el río Santa Cruz y averiguar la verdadera situación de la Cordillera (Moreno, 1898, p. 209). Así llegó, junto con Carlos M. Moyano, a los lagos que llamó Argentino y San Martín (Moreno, 1879).

En 1879-1880 Moreno cruzó la Patagonia desde Carmen de Patagones a Tecka en Chubut, regresando por el Nahuel Huapi. Su visita a las Tolderías de Shaihueque concluyó en una legendaria huida en balsa, de 6 días de duración, por los ríos Collón Cura y Limay hasta la confluencia de este último con el Neuquén.

Con este viaje concluyó una etapa en la vida de Moreno pues finalizaron las exploraciones realizadas sobre la base casi exclusiva de su esfuerzo personal.

En los relatos de estos viajes de exploración las observaciones geológicas fueron mayormente anecdóticas y/o confirmatorias de conclusiones de otros. Entre ellas se encuentran las que efectuó en Chubut (Moreno 1879), referidas fundamentalmente a la “formación geológica que d’Orbigny llamo *Terciaria Patagónica*” y a los rodados que la cubren. De la primera describió aspectos litológicos, estratificación y características de su contenido fósil, al tiempo que la ubicó en el contexto más amplio de la totalidad de la Patagonia e incluso de la Provincia de Buenos Aires y la región del litoral, en algunos casos corroborando observaciones de naturalistas como Darwin, Bravard, Burmeister y Agassiz. Moreno

(1879, p. 70) concluyó que el levantamiento de las capas marinas terciarias de la región oriental fue uniforme y continuó hasta la actualidad. A este fenómeno de elevación gradual, con interrupciones temporarias, atribuyó Moreno la formación de mesetas a diferentes alturas sobre el nivel del mar, señalando que las mismas mostraban una ligera inclinación desde los Andes hacia el este, con una disminución del tamaño de los rodados que las cubrían en la misma dirección. Con respecto a esta cubierta de rodados o “manto de cascajo rodado”. Moreno (1879, p. 68-69) describió su composición y distribución, desde la orilla del Atlántico a las faldas andinas, con una extensión norte-sur de 1000 Km y este-oeste de 320 Km, al tiempo que observó que en Chubut, a diferencia de Santa Cruz, no existían bloques erráticos en proximidad al océano, todo lo cual lo llevó a suponer que estos rodados se originaron en la región cordillerana y que fueron diseminados por acción del agua.

Moreno, entre otros aportes, también describió (Moreno, 1879) las características y origen de las salinas de la Patagonia, a las que comparó con las de otras regiones del país, registró los diferentes tipos de unidades litológicas, ígneas, metamórficas y sedimentarias, en los trayectos que recorrió, descubrió yacimientos de vertebrados terciarios en el valle del río Santa Cruz, con diferentes tipos de “marsupiales, roedores, carnívoros, paquidermos y hasta desdentados”, apuntó la presencia de invertebrados cretácicos y de plantas del Terciario inferior en la región de los lagos San Martín y Viedma, describió la disposición estructural de las capas sedimentarias representadas en el valle superior del río Shehuen, la naturaleza eruptiva del cerro Kachaike y del que denominó Moyano, registró la existencia de troncos silicificados de hasta 1 metro de diámetro y de moluscos marinos del Terciario inferior en la región de Valcheta y puso de relieve las similitudes geológicas de la Patagonia con otros continentes australes (Moreno, 1882).

## **LAS EXPLORACIONES Y ESTUDIOS ORIGINADOS EN EL MUSEO DE LA PLATA**

### **Antecedentes**

El 17 de septiembre de 1884 (Riccardi, 1977), luego de un viaje a Francia, y cuando contaba 32 años de edad, Moreno fundó el Museo de La Plata, el que dirigió hasta 1906, año en el que renunció debido a su oposición a que esa institución fuese incorporada a la recién creada Universidad Nacional de La Plata.

Este establecimiento estaba destinado, en sus palabras “a reunir, estudiar y divulgar materiales para la Historia Física y Moral del Continente Sud-Americano” y “el plan adoptado abarca diferentes temas: estudio bajo el punto de vista geológico y geográfico, de la parte de la corteza terrestre que hoy forma el continente Sud-Americano”.

Desde esta institución, disponiendo de medios más importantes que en la década anterior, en especial de varios colaboradores, Moreno continuó con mayor dedicación el estudio de los territorios patagónicos.

## Expediciones de 1888-9

Luego de la etapa de construcción de su edificio, concluida en 1888 y a la que Moreno contribuyó con su propio dinero, el Museo La Plata comenzó a desarrollar una serie de actividades, mayormente centradas en la Patagonia. Las expediciones llevadas a cabo tuvieron como objetivo principal la exploración geográfica y la colección de materiales paleontológicos, biológicos y antropológicos destinados a enriquecer las colecciones y exhibiciones del museo. En este período inicial las observaciones geológicas sin embargo no fueron importantes y estuvieron acotadas por el nivel de conocimiento de los encargados de tales exploraciones.

Entre 1888 y 1889 la Sección Exploraciones Nacionales del Museo de La Plata efectuó varias expediciones para coleccionar materiales en los yacimientos fosilíferos del río Santa Cruz, descubiertos por Moreno en 1877 y efectuar reconocimientos y colecciones en la isla de los Estados, Tierra del Fuego y Chubut Central (Moreno, 1890).

La expedición al Chubut inició su viaje en agosto de 1888. Estuvo integrada por Carlos Ameghino, Antonio Steinfeld y Eduardo Botello y pese a que Carlos Ameghino fue separado del Museo el 12 de marzo de 1889 debido al incumplimiento de instrucciones recibidas, Steinfeld y Botello prosiguieron los trabajos en la misma región el 24 de abril, pasando el invierno de 1889 en las inmediaciones de los lagos Colhue Huapi y Musters. La primera remesa de materiales enviada desde el campo incluyó 14 cajones de restos paleontológicos (fundamentalmente mamíferos y restos de dinosaurios) y antropológicos.

La expedición al río Santa Cruz, integrada por Santiago Pozzi y Clemente Onelli, llevando como ayudantes a Juan Ivovich y Francisco Larumbe, salió el 31 de octubre de 1888 y llegó a Punta Arenas a principios de noviembre, zona en la que examinaron la "formación lignítica" del Terciario y coleccionaron muestras. Los expedicionarios continuaron viaje a caballo hasta Río Gallegos, donde obtuvieron restos de mamíferos fósiles y rocas. Luego siguieron hasta el río Santa Cruz, a donde llegaron el 28 de noviembre, para recorrer varias veces el trayecto entre el Océano y la Cordillera y obtener una importante colección de vertebrados fósiles, incluyendo toxodontes y aves de gran tamaño. Regresaron a La Plata el 2 de agosto de 1889 con 100 cajones de fósiles. Con igual propósito, a fines de agosto de 1889, Ivovich, Larumbe y el indígena fueguino Maisch se dirigieron a la isla de los Estados y Tierra del Fuego, para pasar en octubre a Santa Cruz, donde permanecieron hasta principios de 1890.

Al finalizar esta época, en 1890, se iniciaron las publicaciones del Museo de La Plata, las que fueron impresas en talleres propios montados a tal efecto gracias al aporte económico del mismo Moreno. Los primeros trabajos, dados a conocer en los Anales y la Revista incluyeron contribuciones de Alcides Mercerat (1890, 1891a-i), primer encargado de la Sección Paleontología, y de Moreno y Mercerat (1891a), sobre los mamíferos fósiles coleccionados por Moreno en 1874-1875 y 1876-1877 en el Terciario de Chubut y Santa Cruz. Moreno y Mercerat (1891a, b) también publicaron un catálogo bilingüe castellano-francés de pájaros fósiles. Por su parte Moreno (1891, 1892a-b) dio a conocer estudios sobre vertebrados, especialmente cetáceos, del Terciario de Chubut y Santa Cruz.

## Expediciones de 1890-1895

Entre 1890 y 1895 Moreno envió otras expediciones a diferentes partes del sur y oeste del país y las tareas de exploración cobraron mayor dimensión a partir de 1893, año en el que “el gobierno nacional decidió prestar su cooperación a fin de que los trabajos que el Museo hacía para estudiar el suelo argentino, se realizaran con mayores facilidades” (Moreno, 1898, p. 210). Así entre 1893 y 1895 el personal del Museo recorrió “desde las heladas regiones de la Puna. . . hasta el Departamento de San Rafael en la provincia de Mendoza, estudiando la geografía, la geología y la mineralogía, en las altas cumbres y en los vastos llanos y revelando por vez primera la fisonomía exacta de la orografía andina en tan vasta extensión, hasta entonces casi completamente desconocida” (Moreno, 1898, p. 210)

A fines de 1891 una comisión viajó al Puerto Santa Cruz. La integraba el Naturalista Viajero del Museo Carlos Burmeister, secundado por Emilio Beaufils, Juan Iovovich y Federico Berry, Pedro M. Rosa, y el yahgan Maish. En el mes de septiembre Burmeister efectuó colecciones fósiles en la zona de Monte Observación (Burmeister, 1891) y, a partir del 29 de diciembre de 1891, en una amplia región ubicada entre la costa atlántica y la cordillera y los ríos Santa Cruz y Chalia. Esta expedición tuvo como base “un galpón” del Museo ubicado en proximidad al Puerto Santa Cruz. Desde allí, con un pesado carro de cuatro ruedas, se avanzó por la margen norte del río Santa Cruz en dirección noroeste, hasta el río Chalia o Shehuen, para continuar luego hacia el sur hasta la margen oriental del lago Viedma, recorrer la margen oriental del río Leona hasta lago Argentino, del cual se exploró su margen norte hasta más allá de los cerros Hobbler y Castillo, en cuyas inmediaciones se bautizaron los arroyos de las Hayas y de los Loros. En este trayecto la comisión, entre otros fósiles, halló restos de dinosaurios en la región del río Leona y del cerro que se denominó Fortaleza. Posteriormente Burmeister y sus acompañantes retornaron hacia el norte hasta “Shanijeshk-aik” (= Piedra Clavada), en el río Shehuen, y siguieron de allí al lago San Martín. Finalmente regresaron por los valles de los ríos Chalia y Chico hasta



Santa Cruz, a donde llegaron, con las colecciones obtenidas, a fines de marzo de 1892 (Burmeister, 1892).

Los dinosaurios, cetáceos y ungulados fósiles obtenidos por las expediciones del Museo en Neuquén, Chubut y Santa Cruz fueron estudiados por Richard Lydekker, quien, invitado por Moreno, visitó el Museo entre septiembre y noviembre de 1893. Sus estudios, realizados en un tiempo relativamente breve y, como el mismo señaló, no disponiendo de la bibliografía necesaria, fueron dados a conocer en forma inmediata (Lydekker, 1893, 1894) en ediciones bilingües castellano-inglés de los Anales del Museo. Entre otros restos fósiles los trabajos incluyeron la descripción del *Titanosaurus australis*, especie cuyo esqueleto sería montado y exhibido en las salas del Museo a partir de 1928, por iniciativa de Angel Cabrera.

Así el material paleontológico coleccionado en Santa Cruz por Moreno en 1877, y por otro personal del Museo entre 1887 y 1896, sirvió de base al conocimiento de invertebrados y vertebrados, fundamentalmente del Cenozoico gracias a los estudios de Lahille (1896, 1898, 1899), Mercerat (1890, 1891a-i), Moreno y Mercerat (1891a, b) y Florentino Ameghino (1887, 1889). El contexto estratigráfico de estos hallazgos fue establecido detalladamente por Mercerat (1897), quien entre 1892-1893 y 1893-1895, como investigador del Museo Nacional de Buenos Aires, efectuó diez perfiles regionales al sur del río Santa Cruz. Mercerat (1896, 1897). En estos aportes, estableció la relación correcta entre el Patagónico y el Santacruceño, y las características de los rodados que cubren la región, a los que denominó "Tehuelches" y refirió al Plioceno.

Mientras tanto, el 13 de junio de 1892, otra expedición del Museo integrada por Rodolfo Hauthal, quien desde 1891 era Encargado de la Sección Geología y Mineralogía, se dirigió a Mendoza con el objeto de hacer un informe sobre la existencia de carbón al sur de San Rafael. En su transcurso se realizaron observaciones desde el Triásico de Cacheuta y Challao, pasando por la sierra de Piedra Pintada, hasta la región ubicada entre los ríos Diamante y Atuel, en la cual se ubicaba el yacimiento. Así a Hauthal (1892a) se debió la primera descripción generalizada de los yacimientos de asphaltita del Cretácico superior existentes en esa región (cf. Borrello, 1956). Moreno complementaria estas observaciones con la publicación, en los Anales del Museo, de un estudio de Ave-Lallement que comprende un mapa geológico en escala 1: 25.000 de la región al norte del río Mendoza (Ave-Lallement, 1892).

Todos estos estudios fueron ampliados en 1894, cuando Hauthal por orden de Moreno, participó en el examen topográfico y geológico de los departamentos de San Carlos, San Rafael y Villa Beltrán en Mendoza. A resultados del mismo, y en el término de 2 meses y 13 días, los ingenieros Gunardo Lange y Enrique Wolff realizaron un levantamiento topográfico en escala 1:500.000 de 35.000 km<sup>2</sup>, determinaron 175 alturas sobre el nivel del mar y confeccionaron, conjuntamente con Hauthal, un plano topográfico-geológico en escala 1: 25.000 de 88 km<sup>2</sup> entre los ríos Atuel y Diamante (Moreno 1896; Lange 1896; Hauthal 1896). Como



resultado de su estudio Hauthal (1896) presentó un perfil y discutió de manera general la estratigrafía de la región ubicada al oeste del arroyo de la Manga, especialmente la sucesión del Jurásico y Cretácico y las rocas volcánicas. Hauthal (1895) también realizó un estudio de los ventisqueros de Mendoza, en la región entre Mendoza y el río Atuel. En definitiva, a Hauthal (1892a-b, 1895, 1896) se debieron los estudios sobre la estratigrafía y la presencia de asfaltitas en la región ubicada entre los ríos Atuel y Diamante, sobre el Triásico del Challao, y sobre ventisqueros y sedimentos glaciales en las proximidades de Mendoza.

## La campaña entre San Rafael y Lago Buenos Aires (1896)

En 1896 Moreno decidió efectuar “el reconocimiento geográfico y geológico, dentro de lo posible y en el perentorio plazo de cinco meses, de la zona inmediata a los Andes y de la parte oriental de éstos comprendida entre San Rafael, en la provincia de Mendoza, y el lago Buenos Aires en el Territorio de Santa Cruz” (Moreno, 1898: 212). Decía Moreno “Las República no puede quedar estacionaria, ni contentarse con su fama de rica, fama más o menos bien merecida. Los que siguen el desenvolvimiento de las naciones sudamericanas, observan que no poca parte del progreso de la Argentina es ficticio. Sienten que solo se mueve en ella lo que está inmediato a los puertos, que pueden considerarse como pedazos de Europa, y que, con raras excepciones, se abandona el interior; desequilibrándose el país cada vez más, como Nación” (Moreno, 1896).

Para ello encomendó a sus colaboradores (Figura 4) el estudio de diferentes zonas: La región entre *San Rafael-Chos Malal* (Figura 1) fue estudiada por el geólogo Rodolfo Hauthal y los ingenieros topógrafos Enrique Wolff y Carlos Zwillgmeier, quienes fueron acompañados por el dibujante paisajista Carlos Sackmann



**Figura 1:** *Chos Malal en 1896 (Moreno, 1898).*

y el cazador del Museo Matías Ferrua. La región entre *río Negro, Limay, Collon Cura, Nahuel Huapi* fue relevada por el geólogo Santiago Roth, los ingenieros topógrafos Adolfo Schiörbeck y Eimar Soot, y el ayudante Juan M. Bernichan. Todo el grupo se dirigió por el río Negro y el Limay hasta Collon-Curá. Desde este punto Roth y Soot se internaron por el río Caleufu y reconocieron sus afluentes, mientras Schiörbeck y Bernichan se dirigieron al lago Nahuel Huapi (Figura 2), donde el último se hizo cargo de la estación meteorológica, mientras el primero se internó por el lago Gutiérrez y reconoció las serranías vecinas. La región entre los *lagos Gutiérrez y Buenos Aires* fue recorrida por el ingeniero de



**Figura 2:** Personal del Museo de La Plata navegando el lago Trafal en 1896 (Moreno, 1898).

Minas Joanny Moreteau, el naturalista viajero Julio Koslowsky y los ingenieros topógrafos Gunardo Lange, Teodoro Arneberg, Juan Waag, Juan Kastrupp, Emilio Frey y Ludovico Von Platten. Frey exploró la región de Cholila y los valles y serranías situados al norte y noroeste del Lago Puelo y al oeste del principal afluente norte del Chubut, desde las nacientes del río Manso. Moreteau tuvo a su cargo el estudio geológico del valle 16 de octubre y de las montañas vecinas. Lange recorrió la red de lagos entre los de Cholila y el Fetaleufú, hasta donde éste recibe las aguas del río Corintios, en el Valle 16 de Octubre (Figura 3). Waag reconoció la región del río Corcovado, o Carrenleufú, mientras Kastrupp, levantan-



**Figura 3:** *El Valle 16 de Octubre y el Cerro Situación (Esquel, Chubut) en 1896 (Moreno, 1898).*

tó la topografía de la región al oriente del Lago General Paz (= Wintter), y el valle del Gennua y Von Platten los valles del río de Las Vacas y del río Pico, al igual que la región montañosa aledaña. Arneberg, acompañado de Koslowsky, exploró los lagos Fontana y La Plata y la región entre el río Senguerr y el lago Buenos Aires, hasta los primeros cerros nevados que cruzan los afluentes del río Aysén.

“Todo este competente personal, perteneciente a las secciones topográfica y geológica del Museo de La Plata”, se puso en marcha a principios de Enero de 1896. Moreno por su parte se dirigió a San Rafael y desde allí cubrió a caballo el trayecto hasta lago Buenos Aires, encontrando a su paso a las distintas comisiones “para tener así una impresión personal del conjunto de los resultados y poder con ella darme cuenta luego de sus detalles” (Moreno, 1898, p. 213). Los resultados de esta expedición múltiple que finalizó en junio de 1896 fueron reseñados por Moreno (1898), reseña que incluyó parte de las instrucciones que el mismo diera a sus colaboradores

La expedición realizada por el Museo entre enero y junio de 1896 sirvió para el reconocimiento de un área de 170.000 km<sup>2</sup> entre San Rafael y lago Buenos Aires con vistas a elaborar un plano en escala 1:400.000. En ella se recorrieron 7155 Km a caballo, se determinaron 3 longitudes, 328 latitudes y 201 azimuts; se hicieron 360 estaciones con teodolito y 180 con brújula prismática; se realizaron 1072 estaciones barométricas y 271 observaciones trigonométricas de altura; se tomaron 960 clichés fotográficos y 6250 muestras de rocas y fósiles; y se confeccionó el primer plano preliminar del lago Nahuel-Huapi y del Valle 16 de Octubre.



En esta expedición Roth, que se había incorporado al Museo en 1895 como Encargado de la Sección Paleontología, en reemplazo de A. Mercerat, describió (Roth, 1899a) los niveles fosilíferos de General Roca, recogiendo materiales que luego fueron estudiados por Burckhardt (1902b), quien los consideró de edad cretácica superior y daniana y comparables a los hallados por Bodenbender (1892) en Malargüe (cf. Behrendsen 1891-2). Burckhardt (1902b) estableció además que la fauna correspondía a una ingesión atlántica que había estado limitada hacia el sur y el oeste por una masa continental. Material de esta localidad, recogido por Roth en viajes posteriores, fue también estudiado por Ihering (1903, 1904, 1907) y Wilckens (1905).

Roth (1899a) realizó además un perfil geológico transversal desde Carmen de Patagones hasta el lago Falkner, estableciendo las características principales de la estratigrafía de la región; descubrió el Jurásico inferior marino de Piedra Pintada (Roth, 1902), cuyas plantas e invertebrados fueron estudiados res-



**Figura 4:** *Miembros de la Sección Topográfica del Museo de La Plata*  
 De izquierda a derecha: Sentados: Enrique Wolff, Gunardo Lange, Teodoro Arneberg. Parados: Ludovico von Platten, Jean Moreteau, Juan Waag, Eimar Soot, Alfonso Schiörbeck, Emilio E. Frey, Carlos Zwilgmeyer.  
 Archivo Museo de la Patagonia Dr. Francisco P. Moreno, San Carlos de Bariloche.  
 Archivo de Cancillería, Caja AH/0002

pectivamente por Kurtz (1902b) y Burckhardt (1902c); coleccionó restos de vertebrados en sedimentos continentales cretácicos, los que fueron descritos por Woodward (1896, 1901); y halló y describió restos de mamíferos fósiles en sedimentos hoy atribuidos a la Formación Collón Cura.

En este viaje y los realizados en 1898-9 y 1902 Roth (1899a, 1904a, 1908, 1922, 1925) documentó la presencia de Jurásico inferior marino en Chubut, atribuyó al Terciario afloramientos posteriormente referidos a la Serie Andesítica, descubrió plantas miocenas cerca del Nahuel Huapi y sedimentos marinos patagónicos en Corral Foyel, en las cabeceras del río Villegas y en el cerro Otto; y coleccionó el material de vertebrados de la región de Laguna Blanca, río Fénix, río Genguel, río Senguerr, río Huemules y río Frías que años después sería estudiado por Kraglievich (1930). También descubrió Roth (1899a) varios yacimientos de mamíferos en el valle inferior del Chubut y en el norte del lago Musters.

Cabe destacar que hasta hace pocas décadas la mayor parte del conocimiento geológico que se tenía de la región ubicada entre lago Fontana y Esquel se debía fundamentalmente a Roth, quien también fue considerado en su época como el mejor conocedor de la geología pampeana (Roth, 1888, 1921; véase Kraglievich, 1925). La importancia de los aportes de Roth se extendió a los estudios y exhibiciones paleontológicos (cf. Riccardi, 2000). Roth efectuó numerosas determinaciones de géneros de mamíferos y realizó el primer estudio detallado de la región auditiva de ungulados sudamericanos, lo que permitió el reconocimiento de un grupo natural diferente a otros del resto del mundo, para el cual introdujo la denominación de Notoungulata. Su habilidad en la reconstrucción y montaje de esqueletos contribuyó a la fama internacional del Museo de La Plata que pudo gracias a ello exhibir colecciones únicas en el mundo (Torres, 1927), que no han sido superadas hasta la actualidad.

Las exploraciones y observaciones realizadas por la expedición que el Museo de La Plata efectuó a principios de 1896 hallaron continuidad natural en los trabajos de la comisión de límites, presidida por Moreno a partir de septiembre de ese año. De esta manera la concepción integradora de Moreno entrelazó las investigaciones geográficas y geológicas del Museo de La Plata con la determinación del potencial económico del país y la afirmación de su soberanía territorial y política.

## Los estudios de la Comisión de Límites (1892-1898)

Moreno, como Perito y Jefe de la Comisión Argentina en la cuestión de límites con Chile, efectuó con posterioridad a 1896 numerosos viajes entre Buenos Aires, Santiago de Chile y la región cordillerana.

Las tareas de la comisión de límites (Figura 5) desarrolladas entre 1892 y 1898 estuvieron a cargo de nueve subcomisiones (República Argentina, 1902) y los estudios realizados abarcaron las siguientes regiones: la *Sub-comisión No. 1* en-



**Figura 5:** *Comisión de Límites. Cruce de un río.*

tre los paralelos  $26^{\circ} 40'$ , y  $32^{\circ} 25'$ ; la *Sub-comisión No. 2* entre el paralelo  $32^{\circ} 20'$  y el sur del volcán Maipú; la *Sub-comisión No. 3* desde el Paso de Santa Elena hasta el paralelo  $37^{\circ} 30'$ ; la *Sub-comisión No. 4* desde el paralelo  $37^{\circ} 30'$  hasta las proximidades del paralelo de  $41^{\circ}$  al oeste del lago Nahuel-Huapi; la *Sub-comisión No. 7* entre el lago Nahuel-Huapi y el río Palena, explorando los lagos Gutiérrez, Mascardi, Guillermo, Menéndez y Rivadavia; la *Subcomisión No. 8* entre el río Palena y el paralelo de  $47^{\circ}$ , incluyendo los ríos Aysén, Las Heras, Queilal, y los lagos Fontana, La Plata, Buenos Aires y Soler; la *Subcomisión No. 9* una zona casi completamente desconocida, en la que se descubrió, entre otros, los lagos Pueyrredón, Brown, Nansen, Burmeister, Azara, Cardiel y Quiroga y se navegaron los lagos San Martín y Viedma; la *Subcomisión No. 5* entre los grados  $50^{\circ}$  y  $52^{\circ}$ , incluyendo la región al oeste del lago Argentino y la situada al sur y al oeste de la Sierra de los Baguales. Estas tareas fueron complementadas por mar por el trasporte *Azopardo* y el aviso *Golondrina*, que reconocieron zonas extensas de costa del Océano Pacífico, entre los paralelos de  $42^{\circ}$  y  $52^{\circ}$ .

Finalmente, en 1901, durante tres meses, Moreno y Hauthal acompañaron a Thomas Holdich, representante del Tribunal Arbitral, en el reconocimiento de la región ubicada entre el lago Lacar y el Seno de la Última Esperanza.



Las tareas desarrolladas por estas subcomisiones, especialmente las 5, 7, 8 y 9, a las que se debió el descubrimiento de 43 lagos y varios ríos importantes, fue aprovechada por Roth y Hauthal para realizar numerosas observaciones geológicas e importantes colecciones fósiles. Las mismas permitieron al primero, entre 1897 y 1899, ampliar, directa o indirectamente, el conocimiento geológico de la pendiente oriental de la cordillera patagónica y zona aledaña, entre los

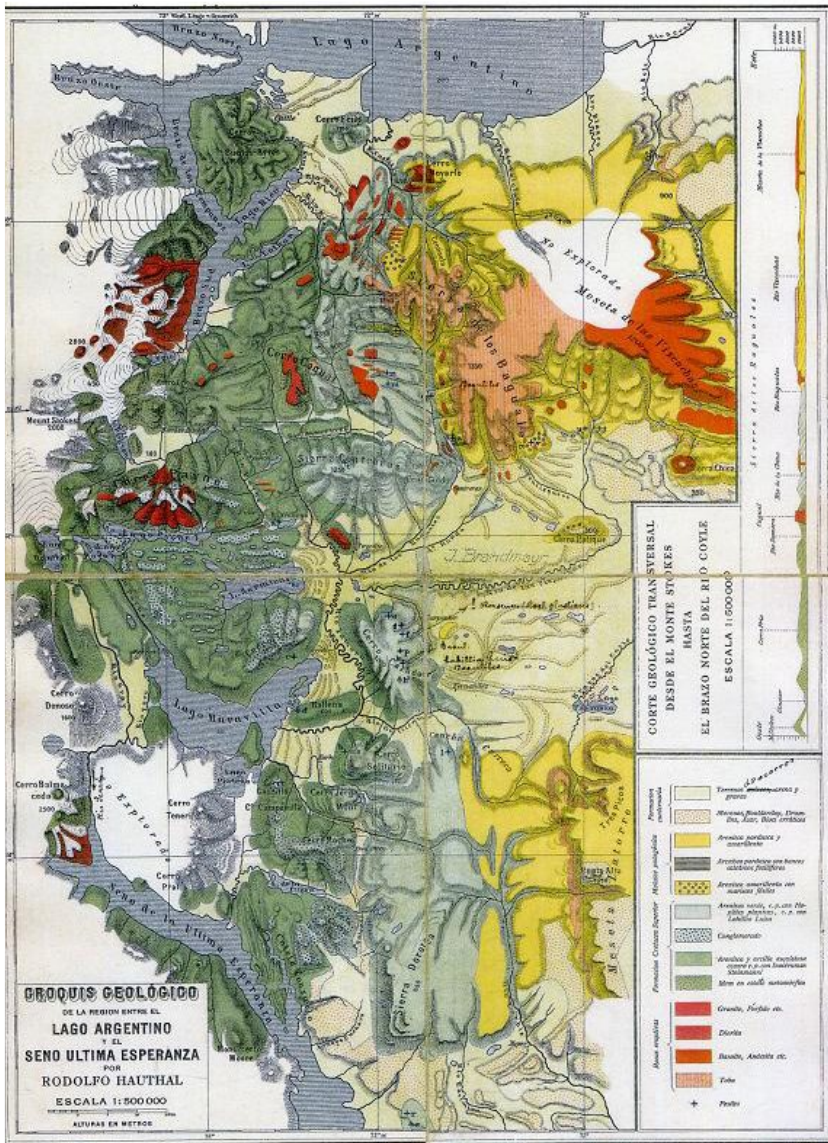


Figura 6: Mapa geológico de la región entre lago Argentino y el Seno de la Última Esperanza (Hauthal, en Wilckens, 1907a).



ríos Negro y Limay y lago Fontana, en el oeste del Chubut, tal como se señaló más arriba (cf. también Roth, 1898, 1899b, 1904b, 1905).

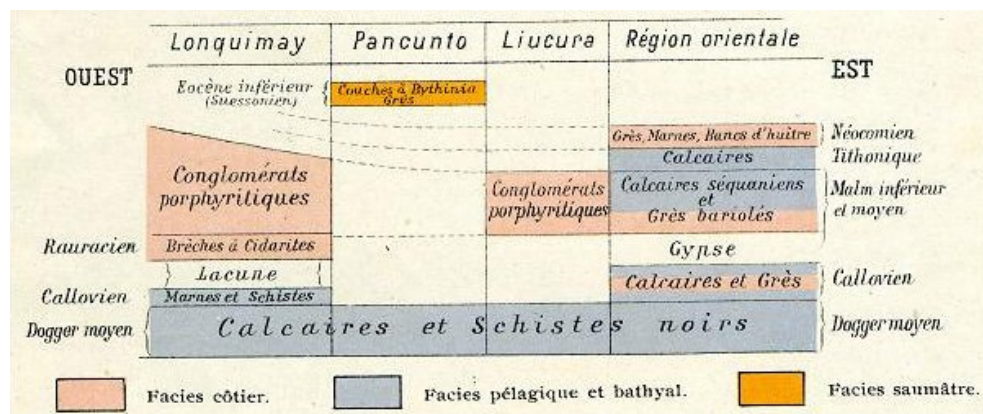
En cuanto a los estudios que Hauthal realizó, desde 1897 a 1902, entre lago Belgrano y Ultima Esperanza, en su calidad de Jefe de la Sección Geológica del Museo y colaborador de la Comisión Argentina de Límites (Hauthal 1898, 1904b), ellos significaron el primer esquema estratigráfico de la región del lago Belgrano (Hauthal, en Wilckens, 1905; Feruglio 1949, p. 182), el cual hasta hace casi fines del Siglo XX era el único publicado de esa región. También se debió a Hauthal (en Wilckens 1907a) el primer mapa geológico de la región ubicada entre lago Argentino y el Seno de la Ultima Esperanza (Figura 6), donde se estableció con claridad la sucesión estratigráfica de toda la región. Invertebrados fósiles recogidos por Hauthal en el Mesozoico de esa amplia zona fueron estudiados por Favre (1908) y Paulcke (1908), al tiempo que las plantas lo fueron por Kurtz (1902a). Material de moluscos terciarios y cretácicos fue remitido para su estudio a Ihering (1904, 1907) y Wilckens (1907b), el primero de los cuales estableció la proporción de especies vivientes para cada “formación” desde el Eoceno al Cuaternario y la relación de las faunas del Terciario más antiguo con las de Nueva Zelanda y el Océano Indico. Hauthal (1904b) también efectuó un levantamiento de los depósitos glaciales, asignó al Jurásico las rocas que hoy se incluyen en el Complejo El Quemado, y participó en la descripción de los hallazgos de la Cueva del *Mylodon* o Caverna de Eberhardt (Hauthal 1899, Hauthal et al. 1899; véase también Moreno, 1899, Moreno y Woodward, 1899 y Woodward, 1900). Cabe finalmente destacar el estudio realizado por Hauthal (1904a) sobre la distribución y clasificación de centros volcánicos a lo largo del límite argentino-chileno desde la Puna a Tierra del Fuego.

## LOS ESTUDIOS DE LA CORDILLERA A LA LATITUD DE NEUQUÉN Y MENDOZA

Entre 1897 y 1898 Leo Wehrli y Carl Burckhardt, quienes se habían incorporado al Museo en 1896, realizaron por ordenes expresas de Moreno dos perfiles geológicos transversales de la cordillera argentino-chilena a las latitudes de Malargüe (Mendoza) (Figura 7) y Las Lajas (Neuquén) (Figura 8) (Wehrli y Burckhardt, 1898; Burckhardt, 1899).



**Figura 7:** Perfil geológico entre Vergara, Chile y Santa Elena, Argentina, según Burckhardt (1900a).



**Figura 8:** Esquema estratigráfico entre Lonquimay (Chile) y Las Lajas (Argentina), según Burckhardt (1900b).

Estos perfiles y el estudio de los invertebrados fósiles en ellos hallados (Burckhardt 1900a-b, 1903), permitieron establecer la sucesión estratigráfica de la región y sus variaciones faciales y estructurales en sentido oeste-este. Así pudo Burckhardt (1902a, 1903) determinar las variaciones de las rocas hoy referidas a las Formaciones Río Damas y Tordillo, la existencia de una línea de costa occidental, coincidente con la actual costa chilena, para el engolfamiento marino jurásico desarrollado más al este, y un esquema paleogeográfico de la región durante el Jurásico. En las palabras de Pastore (1925) "Burckhardt prestó a la geología argentina un servicio comparable a los que ella debe a Stelzner y Brackebusch".

Wehrli por su parte (1899a, b) realizó perfiles geológicos transversales en la región del lago Lacar y entre Puerto Montt y el lago Nahuel Huapi, determinando las características generales de la geología de ambas áreas.

## CONTRIBUCIONES DE MORENO A LA GEOLOGÍA DE LA PATAGONIA

Las mayores contribuciones de Moreno a la geología patagónica no se encuentran en sus escritos. Estos están mayormente centrados en el relato de sus viajes de exploración y en ellos las observaciones geológicas suelen ser anecdóticas, confirmatorias de conclusiones de otros, o se hallan vinculadas, como en el caso de su descripción de la constitución geológica de las Cordilleras de la Costa y Principal de Tierra del Fuego e islas adyacentes, al problema de la delimitación de las fronteras con Chile.

Cabe señalar sin embargo que Moreno fue el primero en determinar la extensión de los glaciares de la vertiente oriental de la cordillera, estableciendo además que el *divortium aquarum* no coincide con la línea de las altas cumbres. Contribuyó también en forma directa con varios estudios sobre vertebrados fósiles del Terciario y Cuaternario de la Patagonia (Moreno, 1891, 1892a-b, 1899), algunos de los cuales realizó en colaboración con Mercerat (Moreno y Mercerat, 1891a-b) y Woodward (Moreno y Woodward, 1899).

Pero si bien la mayor contribución de Moreno a la geología es indirecta, no por ello es menos importante. Gracias a Moreno se establecieron en aproximadamente 20 años las bases geográficas de una región, la patagónica, que hasta entonces era prácticamente desconocida. Los descubrimientos geográficos y los levantamientos topográficos, que en muchos casos no fueron superados durante casi un siglo, permitieron el desarrollo inmediato del conocimiento geológico de toda la Patagonia.

En esos pocos años se levantaron mapas topográfico-geológicos y perfiles, se realizaron incontables observaciones y se coleccionaron miles de muestras las que fueron estudiadas en forma inmediata por personal del Museo de La Plata o recurriendo a la colaboración de terceros.

Aquí es de remarcar que, si bien tales contribuciones reflejan en sus aspectos particulares la calidad de sus responsables directos, todas ellas en conjunto fueron el producto de la iniciativa y planificación de Moreno, en pos de objetivos que el mismo estableciera. Esto es, en sus propias palabras, “hacer conocer todo el territorio argentino en sus múltiples fases: en primer lugar, como poder económico, y, en las regiones que limitan con otras naciones, todo lo que pueda contribuir a mantener la integridad del territorio argentino” (Moreno, 1898, p. 214).

Para ello las exploraciones e investigaciones se efectuaron dentro de un verdadero trabajo de equipo, con instrucciones precisas y la máxima celeridad posible en relación con los medios disponibles. Los trabajos de campaña fueron realizados de acuerdo a instrucciones escritas redactadas por Moreno, quien en la mayor parte de los casos las supervisó personalmente en el terreno, introduciendo cuando lo consideraba conveniente las modificaciones que fueran necesarias para un mejor logro de los objetivos establecidos. Prueba fehaciente de ello es la planificación de la campaña de 1896 de San Rafael a lago Buenos Aires, y las razones de Moreno, dadas a conocer por Wehrli y Burckhardt (1898) para ordenar la realización de los perfiles geológicos transversales de la cordillera argentino-chilena.

Nada fue improvisado, previéndose itinerarios y tareas alternativas, y sancionándose, tal como lo prueba la exoneración de Carlos Ameghino (véase Moreno 1890, p. 60), las desobediencias a las instrucciones recibidas.

El material coleccionado en el campo era estudiado en forma inmediata por el personal del Museo o por especialistas de otras instituciones, y los resultados de los trabajos eran dados a conocer mediante publicaciones en forma casi instantánea.

Así en apenas 20 años una región virtualmente inexplorada de nuestro país de cientos de miles de km<sup>2</sup> de extensión fue relevada en toda su amplitud. Y el avance del conocimiento geográfico y geológico producido en un lapso tan breve puede ser considerado como uno de los más espectaculares de la historia de esas ciencias en el país.

Pero para Moreno todo lo realizado no era suficiente. Por ello al recomendar una investigación más sistemática aún apoyada por los poderes públicos dijera “el día que una docena de geólogos activos investigue nuestro suelo, cuánta riqueza aumentará el caudal de la Nación” (1896, p. 16).

Así la concepción integradora de Moreno entrelazo las investigaciones geográficas y geológicas del Museo de la Plata con la determinación del potencial económico del país y la afirmación de su soberanía territorial y política. Por ello la obra de Moreno en relación con el laudo arbitral de 1902 le significó al país retener 42.000 km<sup>2</sup> de territorio, y como afirmara Thomas Holdich a Moreno se debe todo lo que la Argentina obtuvo al oeste de la división de aguas continentales.

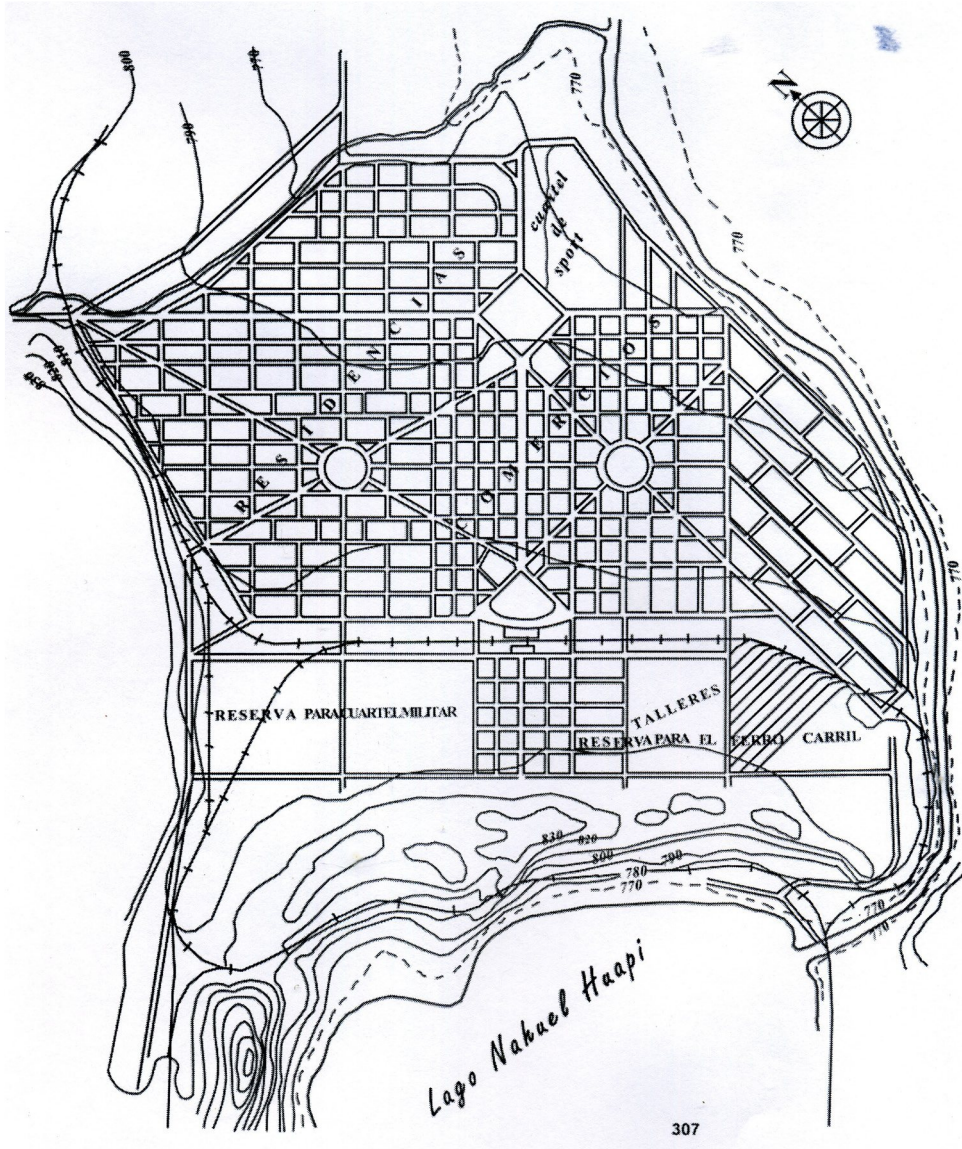
## LOS PARQUES NACIONALES

En 1903 el Congreso Nacional premió la labor de Moreno por sus exploraciones, otorgándole tierras a elección en el territorio del Neuquén o al sur del río Negro. Moreno ubicó parte de esas tierras en el extremo oeste del lago Nahuel Huapi y las donó a su vez al gobierno argentino con el fin de que fuesen conservadas como parque natural. Pero no conforme con ello, Moreno escribió al Ministro de Relaciones Exteriores, Culto y Colonización de Chile, A. Guerrero Vergara, pidiéndole que su gobierno hiciera una reserva similar en las tierras chilenas ubicadas al oeste del lago Nahuel Huapi.

En el decir de Moreno: “Así, en aquella magnificencia tranquila podrán encontrar sano y adecuado panorama los habitantes de ambos lados de los Andes y contribuir, reunidos en comunidad de ideas durante el descanso y solaz, cada vez más necesarios en la vida activa del día, a resolver problemas que no llegarán a solucionar nunca los documentos diplomáticos, y los visitantes del mundo entero, entremezclando intereses y sentimientos en aquella encrucijada internacional, beneficiarán más aún el progreso natural de la influencia que por sus condiciones geográficas corresponde a este extremo de la América en el hemisferio austral” (en Moreno E.V., 1942, p. 222).



Años después, el 25 de septiembre de 1912, presentaría como Diputado Nacional un proyecto de ley para crear el “Parque Nacional del Sur”, incluyendo en el, los terrenos de la región del lago Nahuel Huapi y del lago Traful e inmediaciones.



**Figura 9:** Ciudad Industrial Nahuel Huapi Proyecto Willey 2017, p. 63, 281

Durante su gestión como Diputado entre 1910 y 1913, Moreno presentó once proyectos de ley, entre los que estaban, los que creaban las Estaciones Experimentales Agrícolas, la Dirección de Parques y Jardines Nacionales y un Servicio Científico Nacional, y trabajó especialmente en una ley para la construcción de un ferrocarril entre San Antonio y el lago Nahuel Huapi, obra que recién se concretaría dos décadas después.

## Moreno, B. Willis y el desarrollo del norte de la Patagonia

Por la misma época, entre 1910 y 1914, Moreno colaboró desinteresadamente con el geólogo norteamericano Bailey Willis (cf. Riccardi, 2017, 2020) quien vino a la Argentina a pedido del Ministro Ezequiel Ramos Mejía para conformar una Comisión de Estudios Hidrológicos (Figura 10) que haría estudios en el norte de la Patagonia. Estos incluían desde la provisión de agua a San Antonio Oeste hasta el trazado del ferrocarril a San Carlos de Bariloche y Valdivia en Chile, y la planificación de una ciudad industrial inmediatamente al este del lago Nahuel Huapi.



**Figura 10:** Comisión de Estudios Hidrológicos, 1912. Izq. a der, abajo: W.L. Lewis, W. Graenacher, Ch. W. Washburne; centro: C.L. Nelson, E. Frey, B. Willis, O. Luginbuhl, W. Eschmann; atrás: J.S. Mercer, J.R. Pemberton, W.D. Jones.

La Comisión elaboró en 1911 lo que se denominó “Proyecto de Reclamación Valcheta”, que incluía una propuesta, con todas las especificaciones técnicas, de un embalse de las aguas del arroyo Valcheta para el abastecimiento de San Antonio, las necesidades del ferrocarril y para irrigación. En el informe, presentado el 10 de octubre de 1911, se incluyeron las especificaciones técnicas de tres embalses de tierra, el curso definitivo de la cañería a San Antonio y el cronograma de los trabajos a realizar.

La Comisión prosiguió los trabajos, desde Valcheta, con el propósito de prolongar la vía férrea hasta el lago Nahuel Huapi y la frontera chilena, para hacer de ella, con la cooperación de Chile, una línea internacional y transcontinental que llegase hasta Valdivia. El informe final sobre la “Sección Cordillerana del Ferrocarril Transcontinental de San Antonio en la Argentina a Valdivia en Chile” fue presentado en enero de 1912.

En el mismo año Bailey Willis redactó una propuesta fijando una serie de condiciones para colonizar la “Provincia Cordillerana”, entre los 38° y 44° S, que consideraba apta para sostener 3.000.000 de habitantes, con tierras apropiadas para la agricultura, bosques, campos de pastoreo, y sobre todo de fuerza hidráulica, para el establecimiento de industrias que le permitiesen al país independizarse de las manufacturas extranjeras. El informe preliminar de estos estudios sirvió de base al libro “El Norte de la Patagonia, Naturaleza y Riquezas”, cuyo primer tomo fue publicado en EE.UU., en castellano (Willis, 1914). Esta obra incluyó una descripción general o bosquejo del proyecto del Parque Nacional del Sud. Finalmente se presentó un informe sobre sitios adecuados para centros de turismo y para una ciudad industrial (Figura 10), cuyo detalle se incluyó en el Tomo II, publicado un siglo después (Willis, 2017).

Para ello se presentó un plano detallado de la ciudad con calles y avenidas en el que se indicó la zona de establecimientos manufactureros, otra de centros comerciales, una zona residencial y una de talleres ferroviarios y reserva militar. Para el suministro de agua para la ciudad se propuso construir un embalse en el río Ñirihuau.

La tarea desarrollada por Bailey Willis y sus 10 colaboradores en un lapso de menos de tres años puede ser considerada excepcional (cf. Willis, 1943). Desde un punto de vista geológico correspondió fundamentalmente a aspectos aplicados, desde la hidrogeología, a la construcción de diques y puentes, trazado de caminos y vías férreas, estudios de suelos y de otros recursos naturales y de planificación urbana. Así dichos estudios fueron los primeros y probablemente los más importantes en su tipo, por su extensión, rigurosidad y variedad, que se hayan realizado en la Argentina entre el Siglo XIX y principios del Siglo XX.

Bailey Willis expresó repetidamente su aprecio por la ayuda que recibió de Moreno y dejó meridianamente clara la opinión que tenía de él. Así decía Bailey Willis (2001) muchos años después: “Francisco P. Moreno, se convirtió (...) en



mi colega inspirador y en un cálido amigo (...)”. Moreno, fue “una figura única en los anales de la Argentina” (...) “era un personaje excepcional. En general se puede decir que demasiadas veces la ambición personal desvía a los científicos potenciales del camino de las investigaciones auténticas (...) pero él era un altruista y su objetivo era conocer la verdad (...) El comprendió las posibilidades latentes de la Patagonia para asentamientos y desarrollos valiosos, y su visión fue la del científico práctico. Se dio cuenta de lo necesario que era obtener información exacta acerca de los recursos (...) pero sus ideales se vieron frustrados por la indiferencia de los intereses comerciales y políticos de la clase dirigente argentina, centrados en la ciudad (...) La voz de Moreno era la de un profeta en la selva. Nadie lo escucho. (...) Recuerdo con afecto y placer las horas que pasamos discutiendo acerca de los altiplanos y las montañas que él había conocido y que yo debería explorar, y trazando planes para los colonos futuros que desarrollarían los recursos de la Patagonia”.



**Figura 11:** F.P. Moreno, c. 1890 Museo de la Patagonia, Dr. Francisco P. Moreno, San Carlos de Bariloche.

La visión de Moreno (Figura 11) sobre el futuro de la Patagonia ha quedado reflejada en muchos de sus escritos, éditos e inéditos (cf. Riccardi, 2019), los que corroboran la apropiada caracterización de Bailey Willis.

## Referencias y Bibliografía

Ameghino, F. (1887). Enumeración sistemática de las especies de mamíferos fósiles coleccionados por Carlos Ameghino en los terrenos eocenos de la Patagonia. Museo de La Plata, Boletín 1: 1-26.

Ameghino, F. (1889). Contribución al conocimiento de los mamíferos fósiles de la República Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Actas 6: 1-1028. Córdoba.

Ave-Llallet, G. (1892). Observaciones sobre el mapa del departamento de Las Heras, Provincia de Mendoza. Museo de La Plata, Anales, Sección Mineralogía y Geología, 1 (1): 5-20.

Behrendsen, O. (1891). Zur Geologie des Ostabhanges der argentinischen Cordillere. Zeitschrift Deutsche Geologische Gesellschaft, 43: 369-420; 44 (1892): 1-42.

Bodenbender, G. (1892). Sobre el terreno Jurásico y Cretácico en los Andes Argentinos entre el río Diamante y el río Limay. Academia Nacional de Ciencias, Boletín, 13: 4-44. Córdoba.

Borrello, A. V. (1956). Recursos Minerales de la República Argentina. Tomo 3, Combustibles Sólidos Minerales. Instituto Nacional de Investigaciones de las Ciencias Naturales, Museo Argentino de Ciencias Naturales « Bernardino Rivadavia », Revista, Serie Ciencias Geológicas 5: 1-665.

Burckhardt, C. (1899). Rapport préliminaire sur une expédition géologique dans la région andine située entre Las Lajas (Argentine) et Curacautin (Chili) (38-39° latitude sud). Museo de La Plata, Revista 9: 197-219.

Burckhardt, C. (1900a). Profils géologiques transversaux de la cordillère argentino-chilienne. Stratigraphie et Tectonique. Museo de La Plata, Anales, Sección Mineralogía y Geología, 1 (2): 1-136.

Burckhardt, C. (1900b). Coupe Géologique de la Cordillère entre Las Lajas et Curacautin. Museo de La Plata, Anales, Sección Mineralogía y Geología, 1 (3): 1-102.

Burckhardt, C. (1902a). Traces Géologiques d'un ancien Continent Pacifique. Museo La Plata, Revista, 10: 179-192.

Burckhardt, C. (1902b). Le gisement supracrétacique de Roca (Rio Negro). Museo de La Plata, Revista, 10: 209-222.

Burckhardt, C. (1902c). Sur les fossiles marins du Lias de la Piedra Pintada avec quelques considérations sur l'âge et l'importance du gisement. Museo de La Plata, Revista, 10: 243-249.

Burckhardt, C. (1903). Beiträge zur Kenntniss der Jura- und Kreideformation der Cordillère. Palaeontographica 50:1-144.

Burmeister, C. V. (1891). Breves datos sobre una excursión a Patagonia. Museo La Plata, Revista 2: 275- 287.

Burmeister, C. V. (1892). Nuevos datos sobre el Territorio Patagónico de Santa Cruz. Museo La Plata, Revista, 4: 227-256, 337-352.

Darwin, C. (1842). On the distribution of the Erratic Boulders and on the Contemporaneous Unstratified Deposits of South America. Geological Society of London, Transactions (2) 6: 415-431.

Darwin, C. (1846). Geological observations on the Volcanic Islands and parts of S. America visited during the voyage of H.M.S. Beagle. 2nd. Edition 1876. London.

Destefani, L. H. (1977). Francisco P. Moreno: Sabio y Pionero Explorador. Museo La Plata, Obra Centenario, 1: 29-38. Falkner, T., 1774. A description of Patagonia and the Adjoining Parts of South America. Traducción al castellano en: Biblioteca Centenario, Universidad Nacional de La Plata 1: 17-126. Buenos Aires.

Favre, F. (1908). Die Ammoniten der unteren Kreide Patagoniens. Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, 25: 601-647.

Feruglio, E. (1949-50). Descripción Geológica de la Patagonia. Y.P.F., Buenos Aires, 1, 2 y 3.

Hauthal, R. (1892a). Informe sobre el descubrimiento de Carbón de Piedra en San Rafael (Provincia de Mendoza-R. A.). Museo La Plata, Revista, 4: 101-113.

Hauthal, R. (1892b). Nota sobre un nuevo género de filiceos de la formación rhética del Challao (Provincia de Mendoza). Museo La Plata, Revista 4: 221-224.

Hauthal, R. (1895). Observaciones generales sobre algunos ventisqueros de la Cordillera de los Andes (Mendoza). Museo La Plata, Revista 6: 111-116.

Hauthal, R. (1896). Notas sobre algunas observaciones geológicas en la Provincia de Mendoza. Museo La Plata, Revista 7: 69-96.

Hauthal, R. (1898). Ueber patagonischen Tertiar, etc. Zeitschrift Deutsche Geologische Gesellschaft 50: 436-440.

Hauthal, R. (1899). El mamífero misterioso de la Patagonia "Gryotherium Domesticum". I. Reseña de los hallazgos en las cavernas de Ultima Esperanza (Patagonia Austral). Museo La Plata, Revista 9: 409-420.

Hauthal, R. (1904a). Distribución de los Centros Volcánicos en la República Argentina y Chile. Museo La Plata, Revista 11: 179-192.

Hauthal, R. (1904b). Mitteilungen über dem heutigen Stand des geologischen Erforschung Argentinien. C. R. IX Congr. Geol. Int. 2: 649-656. Wien.

Hauthal, R., Roth, S. y LehmannNitsche, R. (1899). El mamífero misterioso de la Patagonia "Gryotherium domesticum". Museo La Plata, Revista 9: 411-472.

Ihering, H. von (1903). Les Mollusques des Terrains Crétaciques Supérieurs de l'Argentine orientale. Museo Nacional Buenos Aires, Anales (3) 2: 193-231.

Ihering, H. von (1904). Nuevas observaciones sobre moluscos cretáceos y terciarios de Patagonia. Museo La Plata, Revista 11: 229- 243.

Ihering, H. von (1907). Les Mollusques fósiles du Tertiaire et du Crétacé supérieur de l'Argentine. Museo Nacional Buenos Aires, Anales (3)7: 1-611.

Kraglievich, L. (1925). En memoria del Dr. Santiago Roth, geólogo y paleontólogo. Physis 7: 412-417.

Kraglievich, L. (1930). La Formación Friaseana del río Frias, río Fénix, Laguna Blanca, etc. y su fauna de mamíferos. Physis 10: 127-161.

Kurtz, F. (1902a) Sobre la existencia de una Dakota-Flora en la Patagonia Austro-occidental (Cerro Guido, Gobernación de Santa Cruz). Museo La Plata, Revista 10: 45-60.

Kurtz, F. (1902b). Sur l'existence d'une flore Rajmahalienne dans le Gouvernement du Neuquén (Piedra Pintada, entre Limay et Collon-Curá). Museo La Plata, Revista 10: 235-242.

Lahille, F. (1896). Variabilité et affinités du Monophora darwini. Museo La Plata, Revista 7: 409-444.

Lahille, F. (1898). Notes sur le nouveau genre de scutellidés *Iheringia*. Museo La Plata, Revista 8: 437-451.

Lahille, F. (1899). Notes sur *Terebratella* patagónica (Sow.). Museo La Plata, Revista 9: 393-398.

Lange, G. (1896). Examen topográfico y geológico de los departamentos de San Carlos, San Rafael, Villa Beltrán, provincia de Mendoza (distritos carboníferos, etc.). Museo La Plata, Revista 7: 13-68.

Lydekker, R. (1893). Contribuciones al conocimiento de los vertebrados fósiles de la Argentina. I. Museo La Plata, Anales (Paleontología) 1 (2): 1-13, 1-12, 1-83.

Lydekker, R. (1894). Contribuciones al conocimiento de los vertebrados fósiles de la Argentina. II. Museo La Plata, Anales (Paleontología) 1 (3): 1-6, 1-118, 1-4.

Mercerat, A. (1890). Notas sobre la Paleontología de la República Argentina, I, II, III. Museo La Plata, Revista 1: 241-255, 381-442, 447-470.

Mercerat, A. (1891a). Datos sobre restos de Mamíferos fósiles pertenecientes a los Bruta. Museo La Plata, Revista 2: 5-46.

Mercerat, A. (1891b). Caracteres diagnósticos de algunas especies del género *Theosodon* conservadas en el Museo de La Plata. Museo La Plata, Revista 2: 47-49.

Mercerat, A. (1891c). Caracteres diagnósticos de algunas especies de *Creodonta*. Museo La Plata, Revista 2: 51-56.

Mercerat, A. (1891d). Fórmula dentaria del Gen. *Listriotherium*. Museo La Plata, Revista 2: 72.

Mercerat, A. (1891e). Sobre la presencia de restos de Monos en el Eoceno de Patagonia. Museo La Plata, Revista 2: 73-74.

Mercerat, A. (1891f). Apuntes sobre el género *Typotherium*. Museo La Plata, Revista 2: 74-80.

Mercerat, A. (1891g). Sobre un maxilar de *Creodonta* de Monte Hermoso. Museo La Plata, Revista 2: 80-81.

Mercerat, A. (1891h). Observación relativa a *Mephitis Fossilis*. Museo La Plata, Revista 2: 82-83.

Mercerat, A. (1891i). Sobre el maxilar inferior de un perro. Museo La Plata, Revista 2: 83-84.

Mercerat, A. (1896). Essai de classification des Terrains sédimentaires du versant oriental de la Patagonia Australe. Museo Nacional Buenos Aires, Anales (2)5: 105-130.

Mercerat, A. (1897). Coupes géologiques de la Patagonia Australe. Museo Nacional Buenos Aires, Anales (2) 5: 309-319.

Moreno, E. V. (comp.) (1942). Reminiscencias de Francisco P. Moreno. Edic. EUDEBA, 1979. Buenos Aires.

Moreno, F. P. (1879). Viaje a la Patagonia austral emprendido bajo los auspicios del Gobierno Nacional. 1876-77. Buenos Aires.

Moreno, F. P. (1882). Patagonia, resto de un continente hoy sumergido. Sociedad Científica Argentina, Anales 14: 97-131.

Moreno, F. P. (1890) Reseña General de las adquisiciones y trabajos hechos en 1889 en el Museo de La Plata. Museo La Plata, Revista 1: 57-70.

Moreno, F. P. (1891). Onohippidium Muñizi. Breve noticia sobre los restos fósiles de un género nuevo de la Familia de los Equidae. Museo La Plata, Revista 2: 65-71.

Moreno, F. P. (1892a). Noticias sobre algunos Cetáceos fósiles y actuales de la República Argentina. Museo La Plata, Revista 3: 383- 392.

Moreno, F. P. (1892b). Ligeros apuntes sobre dos géneros de cetáceos fósiles de la República Argentina. Museo La Plata, Revista 3: 393-400.

Moreno, F. P. (1896). Instrucciones para el viaje que emprenden en la fecha los señores Lange, Hauthal y Wolf al sur de la provincia de Mendoza. Museo La Plata, Revista 7: 17-21.

Moreno, F. P. (1898). Reconocimiento de la región andina de la República Argentina. I. Apuntes preliminares sobre una excursión a los territorios del Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz hecha por las secciones Topografía y Geología. Museo La Plata, Revista 8: 201-372.

Moreno, F. P. (1899). Note on the discovery of Miolania and of Glossotherium (Neomyiodon) in Patagonia. Geological Magazine (4) 6: 385-387; Nature 60: 395-398.

Moreno, F. P. y Mercerat, A. (1891a). Catálogo de los pájaros fósiles de la República Argentina conservados en el Museo de La Plata. Museo La Plata, Anales (Paleontología Argentina) 1: 7-71.

Moreno, F. P. y Mercerat, A. (1891b) Nota sobre algunas especies de un género aberrante de los Dasypoda (Eoceno de Patagonia). Museo La Plata, Revista 2: 57-63.

Moreno, F. P. y Woodward, A. S. (1899). On a portion of Mammalia Skin, named "Neomylodon Listai", from a Cavern near Consuelo Cove, Last Hope Inlet. Patagonia. Zoological Society of London Proceedings 1899, 1: 144-156.

Musters, G. C. (1870). At Home with the Patagonians. A year's wanderings over untrodden ground from the Strait of Magellan to the Rio Negro. Traducción al castellano en: Ediciones Solar/Hachette, 1964, Buenos Aires.

Orbigny, A. d' (1842). Voyage dans l'Amérique Méridionale, 3 (3), Geologie: 7-289. Paris.

Pastore, F. (1925). Evolución de las Ciencias en la República Argentina. VI Nuestra Mineralogía y Geología durante los últimos cincuenta años (1872-1922). Sociedad Científica Argentina, 57 págs. Bs. As.

Paulcke, W. (1908). Die Cephalopoden der Oberen Kreide Südpatagoniens. Ber. Naturf. Ges. z. Freib. 50: 167-248.

República Argentina, 1902. Memoria presentada al Tribunal nombrado por el Gobierno de su Majestad Británica "para considerar e informar sobre las diferencias suscitadas respecto a la frontera entre las República Argentina y Chilena" a fin de justificar la demanda argentina de que el límite se trace en la cumbre de la Cordillera de los Andes de acuerdo con los Tratados de 1881 y 1893. Pp. 1-1141. William Clowes e Hijos, Limited, Londres.

Riccardi, A. C. (1977). La Fundación del Museo de La Plata. Diario El Día, 26 de diciembre 1977, p. 8. La Plata.

Riccardi, A. C. (1987). El Perito Francisco P. Moreno en la geología de la Patagonia Argentina. Universidad nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Serie Técnica y Didáctica 17: 1-12.

Riccardi, A. C. (2000) Santiago Roth (1850-1924). Gaceta del Lago Todos Los Santos 7(1): 12-13.

Riccardi, A. C. (2017). Semblanza de Francisco Pascasio Moreno. Revista Museo 29: 11-22. Fundación Museo de La Plata, La Plata.

Riccardi, A. C. (2019). Ideario de Francisco P. Moreno. Colección Idearios Argentinos, 5. 1a ed. Pp. 1-501. Fundación Museo de La Plata Francisco P. Moreno, La Plata; Fundaciones Grupo Petersen, Buenos Aires.



Riccardi, A. C. (2020). Bailey Willis: un geólogo yanqui y el desarrollo del norte de la Patagonia. *Revista de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 7, Supl. 1: 63-83.

Roth, S. (1888). Beobachtungen über Entstehung und Alter des Pampasformation in Argentinien. *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft* 11: 339-404.

Roth, S. (1898). Catálogo de los mamíferos fósiles conservados en el Museo de La Plata. Grupo Ungulata, Orden Toxodontia. Museo La Plata, *Revista* 8: 37-160.

Roth, S. (1899a). Reconocimiento de la región andina de la República Argentina. Apuntes sobre la Geología y la Paleontología de los territorios del Río Negro y Neuquén (Diciembre de 1895 a Junio de 1896). Museo La Plata, *Revista* 9: 141-196.

Roth, S. (1899b). Aviso preliminar sobre Mamíferos Mesozoicos encontrados en Patagonia. Museo La Plata, *Revista* 9: 381-388.

Roth, S. (1899c). El mamífero misterioso de la Patagonia: *Grypotherium domesticum*. Museo La Plata, *Revista* 9: 421-453.

Roth, S. (1902). Le découverte du gisement de la Piedra Pintada. Museo La Plata, *Revista* 10: 227-234.

Roth, S. (1904a). Noticias preliminares sobre nuevos mamíferos fósiles del Cretáceo superior y Terciario inferior de la Patagonia. Museo La Plata, *Revista* 11: 135-158.

Roth, S. (1904b). Nuevos restos de mamíferos de la Caverna Eberhardt en Última Esperanza. Museo La Plata, *Revista* 11: 39-53.

Roth, S. (1905). Los Ungulados sudamericanos. Museo La Plata, *Anales (Paleontología)* 1 (5): 1-36.

Roth, S. (1908). Beitrag zur Gliederung der Sedimentablagerungen in Patagonien und der Pampasregion. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie* 26: 92- 150.

Roth, S. (1921). Investigaciones geológicas en la llanura pampeana. Museo de La Plata, *Revista* 25: 135-342.

Roth, S. (1922). Investigaciones Geológicas en la Región Norte de la Patagonia durante los años 1897 a 1899. Museo La Plata, *Revista* 26: 333- 392.

Roth, S. (1925). Investigaciones Geológicas en la Región Norte de la Patagonia durante los años 1897 a 1899. Museo La Plata, Revista 28: 146-180.

Torres, L. M. (1927). Doctor Santiago Roth (1850-1924), Museo de La Plata, Revista 30: 165-169. Wehrli, L., 1899a. Rapport préliminaire sur mon Expédition Géologique dans la Cordillère Argentino-Chilienne du 40° et 41° Latitude Sud (Région du Nahuel Huapi). Museo La Plata, Revista 9: 223-242.

Wehrli, L. (1899b). Avis géologique sur le question au Divortium Aquarum interoceanicum dans la Région du Lac Lacar. Museo La Plata, Revista 9: 245-252.

Wehrli, L. y Burckhardt, C. (1898). Rapport préliminaire sur une expédition géologique dans la cordillere argentino-chilienne entre le 33° et 36° latitude sud. Museo La Plata, Revista 8: 373-388.

Wilckens, O. (1905). Die Meeresablagerungen der Kreide- und Tertiär Formation in Patagonien. Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 21: 98-195.

Wilckens, O. (1907a). Erläuterungen zu R. Hauthals Geologischer Skizze des Gebietes zwischen dem Lago Argentino und dem Seno de la Ultima Esperanza (Südpatagonien). Berichten der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.B. 15: 75-96.

Wilckens, O. (1907b). Die Lamellibranchiaten, Gastropoden, etc., der oberen Kreide Südpatagoniens. Berichten der Naturforschenden Gesellschaft zu Freiburg i.B.. 50: 97-166.

Willis, B. (1914). El Norte de la Patagonia: Naturaleza y Riquezas. Vol. 1, Pp. vii-xix, 1-500; vol. 2, 11 Mapas. Scribner Press, New York.

Willis, B. (1943). Historia de la Comisión de Estudios Hidrológicos del Ministerio de Obras Públicas – 1911 – 1914.. Pp. 1-170. Ministerio de Agricultura, Dirección de Parques Nacionales y Turismo. Buenos Aires.

Willis, B. (2001). Un Yanqui en Patagonia. Pp. 1-189. Editorial Sudamericana, Buenos Aires. Traducción al castellano de "A Yanqui in Patagonia". Stanford University Press, 1947.

Willis, B. (2017). El norte de la Patagonia II: estrategias y proyectos. Libro Digital, PDF 558 p. + CDDVD. Editado por De Jong, G.M., Messera, E.M. y Mare, M.D. Neuquén: EDUCO – Universidad Nacional del Comahue.

Woodward, A. S. (1896). Sobre dos cocodrilos Mesozoicos. *Notosuchus* (genus novum) y *Cynodontosuchus* (genus novum) de las Areniscas Rojas d del Territorio del Neuquén (República Argentina). Museo La Plata, Anales (Paleontología) 1 (4): 3-20.

Woodward, A. S. (1900). On some remains of *Grypotherium* (*Neomylodon*) *listai* and associated mammals from near Consuelo Cove, Last Hope Inlet, Patagonia. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1(1):64-79.

Woodward, A. C. (1901). On some extinct reptiles from Patagonia, of the genera *Miolania*, *Dinilysia*, and *Genyodectes*. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 1(2):169-184.

## CAPÍTULO 3

# Investigación científico-tecnológica y desarrollo en la Patagonia Argentina

**Alejandro Mentaberry**

IBBEA-CONICET.

privadamentaberry@gmail.com

**Palabras clave:** *Patagonia, Desarrollo regional, Investigación científico-tecnológica, Instituciones científicas.*

**Keywords:** *Patagonia, Region development, Research Science and Technology, Institutions.*

60

### Resumen

La Patagonia comprende más del 30% of the Argentine national territory, pero carece de un plan integral que aborde sus complejos problemas de conectividad y la valoración de sus recursos naturales en forma social y ambientalmente sustentable. Por otro lado, en el marco de la transición tecno-productiva global, los sistemas educativo y científico-tecnológico asumirán un papel central en la promoción del desarrollo económico. La investigación patagónica se ha fortalecido notablemente en las últimas dos décadas a través del aumento de sus recursos humanos y la creación de nuevos centros e institutos. Las iniciativas nacionales en ciencia, tecnología e innovación y la creación de agencias provinciales en este ámbito permitieron mejorar el vínculo con la problemática local, generar experiencias tecnológicas avanzadas y consolidar una sólida base institucional. A partir de políticas de desarrollo consistentes y sostenidas, el nivel científico-tecnológico alcanzado por la región permitiría impulsar esquemas de industrialización propios de la sociedad del conocimiento.

## Abstract

### Scientific and technological research in argentinian Patagonia

Patagonia comprises more than 30% of the national territory, but it lacks a comprehensive plan that addresses its complex connectivity problems and the valuation of its natural resources in a socially and environmentally sustainable way. On the other hand, within the framework of the global techno-productive transition, the educational and scientific-technological systems will assume a central role in promoting economic development. Patagonian research has been notably strengthened in the last two decades through the increase of its human resources and the creation of new centers and institutes. National initiatives in science, technology and innovation and the creation of provincial agencies in this area made it possible to improve the link with local problems, generate advanced technological experiences and consolidate a solid institutional base. Based on consistent and sustained development policies, the scientific-technological level reached by the region would allow the promotion of industrialization schemes typical of the knowledge society.

## TERRITORIO Y ECONOMÍA

En el imaginario colectivo de la Argentina naciente la Patagonia se asimilaba a un desierto de difusa geografía, en que la presencia humana se restringía a poblaciones indígenas seminómadas y a enclaves aislados de colonizadores. Forjada a partir de las crónicas de exploradores, naturalistas y misioneros, esta visión no se modificó sustancialmente hasta bien entrado el siglo XX.

El interés por expandir las fronteras pampeanas y establecer fronteras definitivas en el sur del país impulsó las campañas militares de 1879 y años posteriores. Aunque a partir de ello la mayor parte de la Patagonia quedó incorporada al territorio nacional, la percepción de un espacio desolado e inhóspito sólo comenzó a modificarse gracias a la consolidación de los puertos de la costa atlántica, el establecimiento de colonias agrícola-ganaderas y el descubrimiento y explotación del petróleo. En la segunda mitad del siglo XX, merced al proceso de provincialización (1955-1994) y a la implementación de políticas específicas de desarrollo, regional, la región ingresó en una fase de crecimiento económico y poblacional de fuertes características idiosincráticas.

La tardía integración de la Patagonia al territorio nacional se refleja agudamente en su baja densidad demográfica. Mientras las seis provincias que la integran comprenden un 34% del territorio argentino (930.731 km<sup>2</sup>), la población de las mismas suma apenas el 6,6% de la población del país (cerca de 2,5 millones de habitantes). Si además se consideran los espacios marítimos soberanos y bajo disputa internacional, el área de incidencia patagónica directa se incrementa a más del doble.

El territorio patagónico puede dividirse en tres grandes subregiones: la zona cordillerana, caracterizada por sus lagos, bosques y glaciares; la estepa central, atravesada por los grandes ríos que descienden desde los Andes; y el litoral marino y su respectiva plataforma continental. Cada una de estas subregiones presenta características particulares desde el punto de vista de sus recursos naturales.

La zona cordillerana comprende una franja de unos 100-250 km de ancho que se prolonga desde el norte de Neuquén hasta el sur de Tierra del Fuego. Sus rasgos distintivos son la presencia de una rica hidrografía y de densos bosques templados que crecen en las laderas montañosas. Aparte de una abundante biodiversidad vegetal y faunística, la región contiene un vasto potencial de recursos energéticos (carbón, turba, hidroenergía, energía geotérmica, residuos forestales) y minerales (hierro, plata, oro, uranio, vanadio, caliza, yeso, entre otros).

Debido su belleza paisajística y a la existencia de numerosos parques nacionales, el turismo recreativo y deportivo ocupa un lugar preponderante en la economía de la subregión y ha promovido la expansión de localidades como Bariloche, San Martín de los Andes, El Bolsón, Esquel y El Calafate. Además, en el valle de El Bolsón y en otras áreas menores se ha consolidado un sector de fruticultura fina de gran impacto regional. La industria forestal es aún incipiente, basándose fundamentalmente en especies comerciales y, en mucho menor grado, en algunas especies nativas. Una extensa zona del ecotono entre el bosque andino y la estepa es apta para la forestación y podría convertirse en un valioso factor de progreso económico.

La subregión de la estepa ocupa la zona central de la Patagonia y se estructura en mesetas escalonadas en las que predomina la vegetación arbustiva y herbácea. La colonización agrícola se estableció en los valles de los ríos provenientes de las vertientes andinas. Este es el caso del valle superior del río Negro, dedicado principalmente a la producción frutícola, y del valle inferior del río Chubut, en que se consolidó la producción de hortalizas y forrajes. En la estepa propiamente dicha, la ganadería ovina ha sido históricamente muy importante; sin embargo, debido al sobrepastoreo y a la sustitución de la lana por otras fibras, el sector se encuentra hoy en declive. Las actividades con mayor futuro se vinculan al procesamiento de los productos agrícolas y a la obtención de energía, tanto convencional como renovable. En relación a esto último, los yacimientos de gas y petróleo de Neuquén, Chubut, y Santa Cruz, la instalación de represas hidroeléctricas en los grandes ríos y la instalación de parques eólicos en la mayor parte del territorio, ofrecen un excepcional potencial para apuntalar el desarrollo industrial.

La subregión del litoral atlántico comprende más de 3.000 km de costas y se proyecta entre 200 y 300 millas marinas sobre una de las plataformas continentales más extensas del hemisferio sur. La zona alberga una rica biodiversidad costera y marina, grandes yacimientos minerales y gasíferos y un enorme po-



tencial de energía renovable. Las actividades económicas se concentran en los puertos, los que actúan como nodos logísticos del territorio circundante y como puntos de recalado del tránsito marítimo. En algunos casos, como los de Puerto Madryn y Ushuaia, el turismo nacional e internacional ocupa un lugar clave en la economía local. En otros, como en San Antonio, Rawson, Comodoro Rivadavia y Río Grande, la explotación de petróleo y gas, la industria pesquera y el comercio portuario constituyen la base de la actividad productiva y han generado un fuerte aumento poblacional.

## RESTRICCIONES Y DEMANDAS DEL DESARROLLO REGIONAL

Las políticas nacionales dirigidas al territorio patagónico han sido discontinuas. Superados los conflictos limítrofes a principios del siglo XX, la importancia de la región en la agenda del país pasó a segundo plano. Entre fines de los años 50 e inicios de los 70 se produjo un nuevo impulso desarrollista que propulsó emprendimientos industriales como la elaboración de aluminio en Puerto Madryn, la extracción de hierro en Sierra Grande, la industria electrónica en Ushuaia y la construcción de grandes centrales hidroeléctricas en los ríos Limay y Futaleufú. En las décadas siguientes, las intervenciones nacionales oscilaron al compás de las crisis institucionales, políticas y económicas por las que atravesó el país. La existencia de un plan consistente para el desarrollo patagónico continúa siendo una asignatura pendiente del estado argentino.

Este proceso ha resultado en una economía regional articulada sobre un número relativamente bajo de grandes empresas (muchas vinculadas en su origen a la acción estatal) y en un universo mayoritario de PyME asociadas a múltiples actividades productivas y de servicios, pero poco integradas en cadenas de valor. Aun cuando la participación de la Patagonia en el PBI nacional es alta en relación con su población (11%, según datos de 2018), esta estructura es económicamente frágil y, en consecuencia, sigue condicionando el despegue de la región a las intervenciones del gobierno central. Una descripción sobre la composición empresarial patagónica se detalla en la Tabla I.

Las principales restricciones que enfrenta el desarrollo patagónico incluyen factores de conectividad y de diversificación productiva. Debido a que la población se concentra en núcleos relativamente aislados y al alto costo impuesto por las grandes distancias, las limitaciones en materia de movilidad representan una fuerte barrera para dinamizar las economías locales. Mientras la zona de Neuquén-Río Negro, las capitales provinciales y los principales centros turísticos disponen de una razonable conexión aérea y automotor, en el sector centro y sur patagónico la disponibilidad de vuelos interzonales y la densidad de circulación vial son muy limitadas. Una red ferroviaria que actuara como conexión intermodal entre los puertos marítimos y los caminos secundarios permitiría reducir sustancialmente el costo del transporte de carga y facilitar la circulación de personas. La implementación de este esquema requiere no sólo renovar

**Tabla I. Estructura empresarial de la Patagonia según el tamaño de las empresas\*.**

Provincia	Número de empresas				
	Grandes	Medianas	Pequeñas	Micro	% PyME
Chubut	579	488	1.592	5.204	92,64
La Pampa	364	210	815	3.714	92,87
Neuquén	666	585	1.806	5.299	92,03
Rio Negro	658	585	1.863	6.237	92,96
Santa Cruz	382	323	842	2.393	90,30
Tierra del Fuego	299	198	562	1.550	88,54
<b>Totales</b>	<b>2.948</b>	<b>2.389</b>	<b>7.480</b>	<b>24.397</b>	<b>92,07</b>

Para la confección de la tabla se consideraron empresas de los sectores de comercio, agricultura, ganadería, pesca, industria manufacturera, construcción, minería e intermediación financiera. Adaptado de: Financiamiento a las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas, Universidad Nacional de Avellaneda, 2015.

las líneas existentes y trazar otras nuevas, sino también ampliar la capacidad operativa de los puertos. Eventualmente, la consolidación de un diseño tal impulsaría el establecimiento de corredores interoceánicos, con fuerte impacto para la economía de toda la región y para la integración argentino-chilena.

Junto con el transporte, las telecomunicaciones y la conectividad digital resultan imprescindibles para asegurar la competitividad económica y la vinculación comercial con el resto del mundo. El acceso a estos medios en aquellas zonas en que son deficitarios o inexistentes constituye una materia de alta prioridad que requiere de la participación activa de diferentes instancias de gobierno. Por lo demás, la digitalización no es sólo un instrumento de eficiencia económica: su importancia educativa, cultural e informativa no puede ni debe ser soslayada.

En un mundo globalizado e interdependiente, el camino del desarrollo no puede ya imaginarse al margen de la acelerada transición tecno-productiva en que ha ingresado la humanidad. Este proceso tendrá profundas consecuencias en el carácter del trabajo, la organización de la producción, el contenido y vigencia de los contratos sociales y las formas de representación y gobernanza. Una consecuencia no menor de estos cambios es que modificará el balance entre las ventajas comparativas y competitivas de los países en favor de estas últimas, lo que afectará negativamente a las economías dependientes de exportaciones primarias.

Las restricciones que condicionan el progreso de la Patagonia no se limitan pues a los déficits estructurales mencionados, sino que también incluyen factores generales que requieren un debate profundo sobre las estrategias de desarrollo a implementar en el futuro. Este debate debería considerar obligatoriamente tres

aspectos básicos: la diversificación productiva, la captura de valor agregado y la sostenibilidad social y ambiental. Sobre la base de los recursos energéticos disponibles y del diseño de incentivos económicos adecuados, resulta enteramente plausible promover en la región programas de industrialización basados en el uso intensivo de conocimiento. Planteos de este tipo asignan un papel central al sector científico-tecnológico y a los sistemas locales de innovación.

## INVESTIGACIÓN CIENTÍFICO-TECNOLÓGICA EN LA PATAGONIA

Desde inicios del siglo XIX, la Patagonia fue objeto de gran interés para la exploración geográfica, las descripciones de flora y fauna y los estudios paleontológicos, geológicos y etnológicos. Los trabajos de naturalistas como Charles Darwin, Alcide d'Orbigny, los hermanos Florentino y Carlos Ameghino, William Hudson, Clemente Onelli, George Claraz y Francisco Moreno, y las crónicas de exploradores como José María Beauvoir, Auguste Guinnard, Thomas Falkner, George Musters, Pedro de Angelis y Benjamín Franklin Bourne, signaron esta etapa pionera y constituyen referencias clásicas en los campos mencionados.

A este período fundacional siguió otro de creciente institucionalización promovida desde el estado nacional como parte de las políticas de integración territorial. Así, en 1879 se creó la Oficina Central de Hidrografía, la que daría inicio a los estudios sistemáticos en las áreas de oceanografía, geología y meteorología del mar patagónico. Como resultado de varias décadas de labor, la cartografía, las tablas de mareas y los derroteros del litoral atlántico fueron completados hacia 1957. Sobre esta base, se constituyó en 1972 el Servicio de Hidrografía Naval, el que actualmente conduce estudios las áreas de geofísica y geología marina, la hidrodinámica de olas y corrientes y la climatología del mar. Otro hecho trascendente para la ciencia regional fueron los estudios de prospección realizados a raíz del descubrimiento de petróleo en 1907. Aunque existían antecedentes previos, fueron las investigaciones realizadas por YPF en Chubut y Neuquén entre 1922 y 1931 las que dieron origen a la escuela de geología patagónica. Estos trabajos quedaron plasmados en la "Descripción geológica de la Patagonia", editada en 1950.

La creación del Centro Atómico Bariloche (CAB) en 1955 fue la iniciativa de mayor impacto encarada hasta esa fecha por parte del estado argentino (Figura 1). Su constitución fue de importancia capital para el desarrollo de la industria nuclear y permitió establecer en la región una sólida escuela de física teórica y aplicada. En dicho proceso, el centro contribuyó decisivamente a la adquisición de las tecnologías requeridas para el manejo de las centrales termonucleares nacionales, desde la producción del combustible y otros insumos críticos, hasta el diseño y construcción de las plantas correspondientes. En la actualidad, las tareas de investigación y desarrollo de la institución se canalizan a través de las gerencias de Física, Ingeniería Nuclear e Investigación Aplicada, cada una de las



**Figura 1:** Reactor de investigación RA6. Centro Atómico Bariloche (CAB-CNEA).

cuales comprende numerosos grupos de trabajo (Tabla II). En el mismo año que el CAB, se creó el Instituto de Física de Bariloche (hoy, Instituto Balseiro), el que ha ganado fuerte prestigio internacional por su calidad científica y educativa. Las prácticas de investigación de sus estudiantes se efectúan en las facilidades del centro, las que incluyen, entre otras, al reactor experimental RA-6. Además de sus instalaciones de Bariloche, el CAB administra el Complejo Tecnológico Pilcaniyeu, el que aloja la planta de producción del uranio enriquecido utilizado en los reactores de potencia. El complejo está integrado por los laboratorios de Físicoquímica y Control de Calidad y de Separación Isotópica. Al margen de los proyectos directamente vinculados al Plan Nuclear Argentino, el CAB ha promovido la creación de varias empresas de alta tecnología, las que han extendido sus actividades hacia otros sectores productivos. Estas experiencias se comentarán separadamente.

Al avanzar el proceso de provincialización de la región, los gobiernos y organizaciones locales impulsaron la creación de diversas instituciones de educación superior. El primer paso en esta dirección fue la apertura de la Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam; 1958), la que fue seguida por la inauguración de las universidades nacionales San Juan Bosco (UNSB; 1961), del Comahue (UNCo; 1971), de la Patagonia Austral (UNPA; 1995), de Río Negro (UNRN; 2008) y de Tierra del Fuego (UNTDF; 2009). Asimismo, a inicios de los años 80 la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) inauguró sus sedes regionales en Neuquén, Chubut, Santa Cruz y Tierra del Fuego. Aunque el foco inicial de las nuevas universidades se concentró en los aspectos formativos, su existencia permitió establecer grupos de investigación y desarrollo estrechamente vinculados con los contextos socio-económicos locales. Este proceso sentó la base de recursos humanos que permitió la consolidación posterior de numerosos institutos de doble dependencia con el CONICET.

**Tabla II. El Centro Atómico Bariloche y sus desprendimientos empresariales en Río Negro y Neuquén**

Institución/Empresa	Temáticas principales	Creación
<p><b>Centro Atómico Bariloche (CAB-CNEA)</b>  <b>Instituto Balseiro (IB-CNEA/UNCuyo)</b>  <b>Complejo Tecnológico Pilcaniyeu (CTP-CNEA)</b></p>	<p><u>Gerencia de Física:</u>            Bajas temperaturas / Colisiones atómicas / Física de metales / Física estadística / Física forense / Fusión nuclear y física de plasmas / Propiedades ópticas / Resonancias magnéticas / Teoría de partículas y campos / Teoría de sólidos / Física médica / Física tecnológica</p> <p><u>Gerencia de Investigación Aplicada:</u>            Caracterización de Materiales / Físicoquímica de materiales / Materiales nucleares / Materiales metálicos y nanoestructurados.</p> <p><u>Gerencia de Ingeniería Nuclear:</u>            Física de neutrones / Física de reactores y radiaciones / Termohidráulica / Seguridad nuclear / Control de procesos / Reactores de investigación RA-6 / Análisis por activación neutrónica / Protección radiológica / Vibraciones / Tecnología nuclear innovativa</p> <p><u>Instituto Balseiro:</u>            El Instituto ofrece 4 títulos de grado: Ingeniería nuclear, Ingeniería Mecánica, Ingeniería en Telecomunicaciones, Licenciatura en Física. Títulos de Doctorado y Maestría en distintas especialidades.</p> <p><u>Complejo Tecnológico Pilcaniyeu:</u>            Producción de uranio enriquecido / Físicoquímica de reacciones complejas / Pirólisis y gasificación de combustibles sólidos carbonosos / Procesos heterogéneos de halogenación / Desarrollo de materiales cerámicos, catalizadores y materiales porosos absorbentes / Servicios de ensayos de materiales</p>	<p>1955 (CAB e IB)</p> <p>1979 (CTP)</p>
<p><b>Investigación Aplicada S.A. (INVAP-Pcia. de Río Negro)</b></p>	<p>Reactores de investigación / Elementos combustibles para reactores de investigación / Producción de radioisótopos / Instrumentación y control de plantas nucleoelectricas / Estudios de emplazamiento, análisis de factibilidad para instalación, modernización y actualización de plantas nucleares / Satélites de observación y de comunicaciones / Radares meteorológicos, control aéreo y militares / Vehículos aéreos no tripulados / Aerogeneradores y turbinas hidrocínicas / Sensores electroópticos giroestabilizados / Equipamiento de braquiterapia, terapia radiante, protonterapia y radiofarmacia / <u>Sistemas de trazabilidad / Sistemas de comunicación</u></p>	<p>1976</p>
<p><b>Alta Tecnología S.E. Telecomunicaciones y Sistemas (ALTEC-Pcia. de Río Negro)</b></p>	<p>Desarrollo de <i>software</i> y <i>hardware</i> para el sector público / Centros de almacenamiento de datos / Servicios de telecomunicaciones / Conectividad de alta velocidad / Seguridad ciudadana / Servicios de <u>asesoramiento al sector privado.</u></p>	<p>1985</p>
<p><b>Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería S.E. (ENSI-Pcia. de Neuquén)</b></p>	<p>Planta industrial de agua pesada para reactores atómicos</p>	<p>1989</p>
<p><b>Fundación Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud (INTECNUS-CNEA/ FUESMEN/FCDN)</b></p>	<p>Investigaciones y servicios en de radioterapia, medicina nuclear y radiofarmacia / Diagnóstico por imágenes / Imágenes metabólicas / Cirugía general y mínimamente invasiva / Quimioterapia</p>	<p>2017</p>



En forma similar, las demandas locales promovieron la creación de centros de investigación y servicios directamente vinculados al desarrollo productivo. Así, la UNCo creó en 1974 el Instituto de Biología Marina y Pesquera “Almirante Storni” con el objeto de promover la investigación pesquera y la maricultura en el Golfo San Matías. En 2015, este centro pasó a depender de un consorcio integrado por la UNCo, el INIDEP, el CONICET y la Provincia de Río Negro y a denominarse Centro de Investigación Aplicada y Transferencia Tecnológica en Recursos Marinos “Almirante Storni” (CIMAS; Tabla IV). Por otra parte, por acuerdo las provincias de Neuquén y Río Negro y el INTA, se creó en 1978 el Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI), el cual provee servicios analíticos y de consultoría al sector agroindustrial. Actualmente, el CIATI asiste a unas 600 empresas e instituciones públicas vinculadas al procesamiento de alimentos (Tabla II). Un caso que merece mención especial es Centro de Investigación y Extensión Forestal de Andino-Patagónico (CIEFAP) que fue creado en 1988 como un ente interprovincial de las provincias patagónicas, la UNSJB y la UNCo. El centro tiene su sede central en Chubut y delegaciones en las restantes provincias. Sus líneas trabajo involucran temáticas disciplinarias y aplicadas sobre el bosque patagónico y las especies aptas para forestación.

Entre fines de los años 60 y principios de los 70, el CONICET impulsó la creación de dos centros que jugarían un rol fundamental en la investigación patagónica. El primero, inaugurado en 1969 por iniciativa del Dr. Houssay, fue el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC). (Figura 2) El instituto, situado en Ushuaia, acredita una destacada trayectoria en las áreas de geología, ecofisiología, oceanografía y antropología, sirviendo asimismo de apoyo continental



**Figura 2:** Instalaciones del Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET).



a las investigaciones en el antártico (Tabla III). En los últimos años, sus facilidades para la investigación marina fueron considerablemente reforzadas, lo que convirtió a este centro en la principal cabecera para los estudios realizados en el banco Burdwood y el canal de Beagle.

En el año siguiente a la creación del CADIC, el CONICET inauguró en la ciudad de Puerto Madryn el Centro Nacional Patagónico (CENPAT). Con un enfoque multidisciplinario similar al CADIC, este centro fue desarrollando grupos de investigación en las áreas de oceanografía biológica, ecología marina, geología, paleontología, antropología, arqueología y sociología. A partir de 2006, el CONICET inició un proceso de descentralización que implicó una intensa reorganización institucional. Como parte de este proceso, el paulatino crecimiento registrado en el CENPAT condujo en 2015 a su división en siete nuevos institutos y a su recategorización como Centro Científico y Tecnológico Regional (CCT-CENPAT), estructura a la que también quedó integrado el CIMAS. Un resumen de las actividades actuales de dichos institutos se presenta en la Tabla IV.

La reorganización institucional abarcó también al personal del CONICET en Neuquén y Río Negro, el cual fue reagrupado en 2006 mediante la creación de Unidades Ejecutoras en las ciudades de Bariloche y de Neuquén. Un año más tarde, ambas unidades se transformaron en centros regionales (CCT-Patagonia Norte y CCT-Confluencia), dando origen a nuevos centros de investigación. (Figura 3) Un rasgo característico de los mismos es que fueron organizados mediante acuerdos entre el CONICET y otras instituciones (UNCo, UNSJB, UNRN, INTA, CNEA), lo que hizo más eficaz el uso de los recursos y promovió la cooperación multi- e interdisciplinaria. En la actualidad, el CCT-Patagonia Norte está integrado por siete institutos que encaran investigaciones en las áreas de biodiversidad, ciencias sociales y desarrollo tecnológico. Un resumen de las temáticas encaradas por estos centros se presenta en la Tabla V. Por su parte, el CCT-Confluencia se consolidó entre 2009 y 2015 a través de sucesivos convenios CONICET/ UNRN y CONICET/UNCo. Estos acuerdos dieron origen al Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IPG), el Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas (PROBIEN), el Instituto de Investigación en Tecnología y Ciencias de la Ingeniería (IITCI) y el Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue (CITAAC), los cuales encaran múltiples temáticas en distintas áreas tecnológicas e ingenieriles. En 2016, se sumó a este CCT el Instituto Patagónico de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales (IPHCS). Las principales líneas de trabajo de los institutos mencionados se sintetizan en la Tabla VI.

Aparte de los CCT, el CONICET impulsó la creación de Centros de Investigación y Transferencia (CIT) mediante acuerdos con otras universidades de la región. Tal es el caso de los CIT de Golfo San Jorge, Santa Cruz y Río Negro los que fueron organizados en 2015 con el propósito de consolidar grupos previamente existentes y crear otros nuevos (Tabla VII). Además, un número considerable de in-

**Tabla III. Instituciones CONICET no agrupadas en CCT, universidades nacionales y empresas provinciales.**

<b>Instituciones de investigación y servicios</b>					
<b>Institución/Empresa</b>	<b>Temáticas principales</b>	<b>Creación</b>	<b>I</b>	<b>B</b>	<b>T/A</b>
<b>Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET)</b>	Ecofisiología y evolución / Ecología terrestre y acuática / Recursos agroforestales / Conservación de la vida silvestre / Ecología molecular / Geología andina / Geomorfología del cuaternario / Petrología y mineralogía / Monitoreo de ozono y radiación UV / Oceanografía biológica / Oceanografía y ecosistemas costeros / Limnología / Antropología / Estudios socio-ecológicos	1969	58	57	39/12
<b>CIT Golfo San Jorge (CONICET/UNPSJB/UNPA)</b>	Oceanografía biológica y geológica / Manejo de recursos pesqueros / Recursos energéticos / Hidrología	2015	10	25	5/1
<b>CIT Santa Cruz (CONICET/UTN/UNPA)</b>	Impacto del cambio climático sobre los recursos hídricos de superficie / Valoración minero-energética del Río Turbio / Turismo y producción de bienes culturales / Energía eólica y fotovoltaica en Patagonia	2015	9	28	3/1
<b>CIT Río Negro (CONICET/UNRN)</b>	Principios activos en extractos vegetales / Alimentos funcionales para uso humano y animal / Calidad e inocuidad alimentaria / Alimentos para acuicultura continental / Materias primas, alimentos procesados y residuos frutícolas / Nutraceuticos / Procesos aplicados a la industria alimentaria / Mejoramiento de porcinos, ovinos y caprinos / Control de calidad de carnes tradicionales y no tradicionales /	2016	9	23	1/0
<b>Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa (INCITAP-CONICET)/ UNLPam</b>	Tricomoniasis bovina / Espectrometría de masa / Biocatálisis / Monitoreo y conservación de aves rapaces / Petrología / Ambientes y climas del neógeno y cuaternario / Estratigrafía y paleontología del Cretácico-Cenozoico marino en Patagonia	2008	27	34	8/1
<b>Observatorio Atmosférico de la Patagonia Austral (OAPA-CONICET/CITEDEF)</b>	Medición de parámetros atmosféricos / monitoreo de ozono y radiación UV / Medición de aerosoles atmosféricos	2005	1	0	2/0
<b>Centro de Investigación y Extensión Forestal de Andino Patagónico (CIEFAP-Pcias. de Neuquén, Río Negro, Chubut y Tierra del Fuego/UNSIB/UNCo)</b>	Ecología de sistemas terrestres / Tecnología de la madera / Protección forestal / Geomática / Planificación, manejo y uso múltiple del bosque / Producción de hongos comestibles / Sistemas de calefacción y biocombustibles fósiles / Monitoreo remoto de incendios / Extensión y servicios para el sector público y privado	1988	26	11	9/13
<b>Estación de Fotobiología Playa Unión (EFPU-Fundación Playa Unión)</b>	Ecología animal / Ecofisiología y fotobiología de organismos autótrofos / Metabolismo de organismos fotosintéticos	1997	3	3	0/0
<b>Instituto de Desarrollo Costero (IDC-UNPSJB)</b>	Ecología y caracterización genética de mitílidos / Biología reproductiva y monitoreo poblacional de centolla / Maricultura de mejillón y mero austral / Explotación del alga <i>Undaria pinnatifida</i> / Gestión de contaminación costera	2005	31	7	2/0
<b>Museo Paleontológico Egidio Feruglio (MEF-Fundación Egidio Feruglio/CONICET)</b>	Paleontología de vertebrados e invertebrados / Estudios paleobiogeográficos y paleoecológicos / Paleobotánica y evolución de la flora patagónica / Laboratorio de fósiles. Exhibición de fósiles de dinosaurios. Administración del Parque Paleontológico Bryn Gwyn	1990	12	10	4/1
<b>Centro de Investigación y Asistencia Técnica a la Industria (CIATI-Pcia. de Río Negro/Pcia. de Neuquén/INTA/empresas frutícolas)</b>	Servicios analíticos, de tecnología y de asistencia técnica para las industrias de alimentos, energía y ambiente	1978	39	2	41/8

I: Investigadores; B: Becarios Doctorales y Posdoctorales; T: Personal de Apoyo Técnico; A: Personal Administrativo. Datos tomados de CONICET (2021) y páginas web institucionales.

Tabla IV. CCT CONICET- Centro Nacional Patagónico

CCT Centro Nacional Patagónico					
Institución	Temáticas principales	Creación	I	B	T/A
<b>Centro Para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR-CONICET)</b>	Ecología marina / Interacciones pesquería-aves y mamíferos marinos / Biología marina / Limnología / Maricultura / Biotecnología ambiental / Monitoreo ambiental / Contaminación marina / Meteorología marina / Oceanografía física, química y biológica / Monitoreo remoto de sistemas marinos	2016*	52	38	8/1
<b>Instituto de Biología de Organismos Marinos (IBIOMAR-CONICET)</b>	Conservación y manejo de invertebrados marinos / Ecología de ambientes costeros / Parásitos de organismos marinos / Ecología espacial y del movimiento animal / Ecología y cultivo de cefalópodos / Taxonomía, biología, ecología y usos de las algas marinas / <u>Microbiología del ambiente costero</u>	2015*	22	11	2/1
<b>Instituto de Diversidad y Evolución Austral (INDEAUS-CONICET)</b>	Arqueología y antropología biológica / Sistemática y biología de anfibios / Hábitat de aves playeras / Ecología, evolución y hábitat de peces migratorios / Meiofauna marina / Bioecología y taxonomía de reptiles patagónicos / <u>Mamíferos australes</u>	2015*	15	9	5/1
<b>Instituto Patagónico de Ciencias Sociales y Humanas (IPCSH-CONICET)</b>	Biología evolutiva humana / Estudios socio-históricos, y socio-ambientales sobre problemáticas migratorias, trayectorias étnicas, familiares, genealógicas, <u>ocupacionales, residenciales y de clase</u>	2015*	15	17	3/1
<b>Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC-CONICET)</b>	Antropología social e historia ambiental / Arqueología y antropología evolutiva / Aspectos socio-institucionales del manejo y conservación de recursos naturales / Investigación biomédica poblacional / Temáticas comunicacionales y socio-políticas regionales	2015*	25	18	5/0
<b>Instituto Patagónico de Geología y Paleontología (IPGP-CONICET)</b>	Geomorfología, sedimentología, volcanología y paleontología de la Patagonia continental y su plataforma submarina.	2015*	11	6	3/0
<b>Instituto de Biociencias de la Patagonia (INBIOP-CONICET/ UNSJB)</b>	Síntesis y acumulación de triacilglicéridos en sistemas bacterianos / Generación de bioenergía / Ecofisiología vegetal en relación con la variabilidad ambiental, disponibilidad de recursos e interacciones con animales / <u>Introducción de nuevos cultivos a la Patagonia</u>	2015	7	5	1/0
<b>Centro de Investigación Aplicada y Transferencia Tecnológica en Recursos Marinos "Almirante Storni" (CIMAS-INIDEP/CONICET/ UNCo/ Pcia. de Río Negro)</b>	Monitoreo pesquero y de especies invasoras / Pesquerías bentónicas y demersales / Maricultura / Cultivo de moluscos bivalvos / Peces cartilaginosos / Bivalvos infaunales / Oceanografía del Golfo San Matías / Programa de observadores pesqueros / Calidad sanitaria	2015**	46	6	3/5

\*Anteriormente, nucleado en el Centro Nacional Patagónico (creado en 1970; incorporado a CONICET en 1978). \*\*Anteriormente, Instituto de Biología Marina y Pesquera "Almirante Storni" (UNCo, 1974). I: Investigadores; B: Becarios Doctorales y Posdoctorales; T: Personal de Apoyo Técnico; A: Personal Administrativo. Datos tomados de CONICET (2021) y páginas web institucionales.



**Figura 3:** Trabajos paleontológicos a campo. Limpiando un fósil in situ. Universidad Nacional del Comahue.

Tabla V. CCT CONICET Patagonia Norte

CCT Patagonia Norte CONICET					
Institución	Temáticas principales	Creación	I	B	T/A
<b>Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente (INIBIOMA-CONICET/UNCo)</b>	Conservación de la diversidad biológica / Factores físico-químicos en ambientes acuáticos y suelo / Efecto del cambio climático sobre la biodiversidad / Conservación y manejo de especies silvestres / Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales / Biotecnología microbiana / Paleontología / Geología y volcanología / Energía renovable y no renovable	2007*	123	71	13/3
<b>Instituto de Investigaciones en Diversidad Cultural y Procesos del Cambio (IIDyPCa-CONICET/UNRN)</b>	Diversidad y cambio sociocultural / Dinámica del cambio cultural / Ecología y evolución humana/Interrelación entre cambios culturales y ambientales	2011	30	24	3/1
<b>Centro de Investigaciones Esquel de Montaña y Estepa Patagónica (CIEMEP-CONICET/UNSJB)</b>	Biología y ecología de organismos acuáticos / Ecología de ecosistemas del bosque y de la estepa patagónica / Limnología básica y aplicada / Micología y sanidad vegetal / Geología glacial y periglacial / Etnobiología Patagónica	2013	23	18	2/1
<b>Instituto Andino Patagónico en Tecnologías Biológicas y Geoambientales (IPATEC-CONICET/UNCo)</b>	Bioinformática / Biotecnología ambiental / Biotecnología microbiana y de las fermentaciones / Biotecnología vegetal y del suelo / Eficiencia energética y uso de recursos naturales / Tecnología ambiental aplicada al desarrollo territorial / Volcanismo Cuaternario	2016	15	14	5/1
<b>Investigaciones Forestales y Agropecuarias Bariloche (IFAB-CONICET/INTA)</b>	Ecología y manejo de los sistemas y entramados productivos / Tecnologías sociales, apropiables y procesos de innovación tecnológica / Modelos socio-culturales y productivos regionales	2018	23	21	1/0
<b>Instituto de Nanociencia y Nanotecnología (INN-CONICET/CNEA)</b>	Investigación y desarrollo en nanociencia y nanotecnología / Desarrollo tecnológico para demandas y los proyectos del Plan Nuclear Argentino / Provisión de bienes y servicios de asistencia técnica y transferencia de tecnología al sector productivo	2018	51	14	11/0
<b>Instituto de Investigaciones en Recursos Naturales, Agroecología y Desarrollo Rural (IRNAD-CONICET/UNCo)</b>	Recursos naturales / Agroecología / Prácticas de manejo sostenible de agroecosistemas / Desarrollo sostenible y sujetos del medio rural	2015	16	14	0/2

\*Anteriormente: Unidad Ejecutora Bariloche (CONICET/UNCo, 2006). I: Investigadores; B: Becarios Doctorales y Posdoctorales; T: Personal de Apoyo Técnico; A: Personal Administrativo. Datos tomados de CONICET (2021) y páginas web institucionales.



Tabla VI. CCT CONICET Confluencia

CCT Confluencia CONICET					
Institución	Temáticas principales	Creación	I	B	T/A
<b>Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías Alternativas (PROBIEN-CONICET/UNCo)</b>	Tecnología de alimentos / Ingeniería de reactores y procesos químicos / Arcillas y medio ambiente / Materiales adsorbentes / Procesos de oxidación y nano-adsorbentes / Biotecnología ambiental / Biodiversidad y biotecnología de levaduras / Enología / Biolixiviación de minerales / Fotovoltaica aplicada / Física de la materia condensada	2014*	29	20	6/1
<b>Instituto Patagónico de Estudios de Humanidades y Ciencias Sociales (IPHCS-CONICET/UNCo)</b>	Estudios históricos y socio-antropológicos regionales / Filosofía de las ciencias sociales y humanidades / Estudios en procesos cognitivos y educación / Estudios en turismo y recreación / Estudios del discurso y la cultura	2016	56	38	1/1
<b>Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología (IIPG-CONICET/UNRN)</b>	Estudios sobre el basamento ígneo-metamórfico y rocas asociadas en el macizo norpatagónico / Sedimentología, icnología y geobiología de sistemas petroleros no convencionales / Riesgo geológico y seguimiento de volcanes patagónicos activos / Paleobiología de reptiles marinos mesozoicos / Cambios ambientales en la transición Cretácico-Paleógeno	2009	26	32	4/1
<b>Instituto de Investigación en Tecnología y Ciencias de la Ingeniería (IITCI-CONICET/UNCo)</b>	Caracterización microestructural y química de materiales sólidos / Caracterización fisicoquímica de materiales metálicos y minerales / Procesos de deformación y fisuración en materiales poliméricos / Comportamiento termo-mecánico de nanocompuestos / Caracterización de maderas de la Patagonia Norte / Metalurgia física, termodinámica y cinética de transformaciones de fases / Electroquímica y corrosión /	2015	24	5	4/1
<b>Centro de Investigaciones en Toxicología Ambiental y Agrobiotecnología del Comahue (CITAAC-UNCo/CONICET)</b>	Contaminación ambiental / Ecotoxicología de plaguicidas / Resistencia en insectos plaga / Tratamiento y disposición de residuos de agroquímicos / Reproducción asistida de recursos faunísticos / Estréses bióticos y abióticos en especies frutales	2015**	28	12	2/1

\*Anteriormente: Unidad Ejecutora Neuquén (CONICET/UNCo, 2006); luego IDEPA (CONICET/UNCo, 2009). \*\*Fusión del Laboratorio de Investigaciones Bioquímicas y Químicas del Medio Ambiente (LIBIQUIMA, 1983) de la Facultad de Ingeniería y con el Instituto de Biotecnología Agropecuaria del Comahue (IBAC, 2012) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNCo. I: Investigadores; B: Becarios Doctorales y Posdoctorales; T: Personal de Apoyo Técnico; A: Personal Administrativo. Datos tomados de CONICET (2021) y páginas web institucionales.



**Tabla VII. Distribución geográfica de personal CONICET**

Provincia	CIC*	Becarios**	CPA***
Chubut	218	210	85
La Pampa	52	66	9
Neuquén	51	79	12
Rio Negro	468	358	27
Santa Cruz	18	33	5
Tierra del Fuego	56	73	39

\*Carrera de Investigador de CONICET (todas las categorías). \*\*Becarios Doctorales y Posdoctorales. \*\*\*Carrera de Personal de Apoyo de CONICET (todas las categorías). Datos tomados de CONICET (2021).

vestigadores, becarios y agentes del CONICET se desempeñan en instituciones como la UNTF, UNPA, UNSJB, UNLPam, UNCo, UTN, CAB-CNEA, INTA y Parques Nacionales o en distintos museos regionales.

## TRANSFERENCIA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA - Plan Nuclear argentino

El impacto de CAB y del Instituto Balseiro en la región trascendió más allá de su participación en el Plan Nuclear Argentino. Una importante consecuencia de su presencia fue la orientación a promover empresas tecnológicas como una forma de integrar el sector productivo nacional a la industria atómica. El resultado de esta medida fue la creación, junto con la Provincia de Río Negro, de las empresas Investigación Aplicada (INVAP S.A.; 1976) y Alta Tecnología S.E. (ALTEC; 1985) (Tabla II). Debido a los altibajos políticos y presupuestarios que afectaron al Plan Nuclear, las dos empresas pasaron a ser propiedad exclusiva de la provincia y exploraron caminos alternativos para subsistir. Gracias a la calidad de su personal y a la experiencia tecnológica adquirida, INVAP logró este objetivo proyectándose al mercado externo y extendiéndose a otros rubros (satélites, radares, vehículos no tripulados, instrumental médico) y ALTEC lo hizo consolidándose en la provisión de servicios a los sectores público y privado (*software, hardware, telecomunicaciones, bancos de datos, consultoría*). Debe mencionarse además que INVAP, que actualmente emplea a unas 1.300 personas, ha generado una extensa red de empresas proveedoras a nivel nacional y regional. Otro emprendimiento notable generado a partir del CAB fue la creación del Instituto de Tecnologías Nucleares para la Salud (INTECNUS; 2017). El Instituto cuenta con un edificio propio dentro del Centro Atómico y recibe de éste insumos radioactivos y mantenimiento para el instrumental médico. INTECNUS es administrado por la fundación del mismo nombre y brinda servicios a numerosas instituciones y obras sociales. De conjunto, la instalación del CAB y de las empresas originadas a partir del mismo ha generado un ciclo virtuoso

en su área de influencia, demostrando que el dominio de tecnologías estratégicas no sólo impulsa la generación de valor económico, sino también desarrollo social, ya que sus impactos indirectos se extienden mucho más allá de sus objetivos originales.

Además de los emprendimientos mencionados, en 1989 la CNEA instaló en territorio neuquino una planta para producir el agua pesada que se utiliza en el enfriamiento de los reactores nucleares, dando origen a la Empresa Neuquina de Servicios de Ingeniería S.E. (ENSI). La misma es actualmente propiedad del gobierno provincial y, aunque su producción está básicamente restringida al rubro mencionado, ha iniciado exportaciones por montos crecientes.

## **POLÍTICAS NACIONALES DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN**

Con la creación del Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva (MinCyT) en 2007, la política científica adquirió un nuevo status en el organigrama del estado, evidenciando el reconocimiento de su importancia para la prosperidad del país. La trascendencia de esta decisión no tardó en manifestarse. Hasta inicios de 2014, el presupuesto de ciencia y tecnología se fue elevando paulatinamente, permitiendo incrementar el número de investigadores y becarios, fortalecer la infraestructura edilicia e instrumental y financiar una cantidad récord de proyectos. Si bien esta tendencia luego retrocedió, el conjunto del período 2007-2019 permitió una significativa consolidación de la ciencia argentina.

76

El ministerio se creó con la consigna de consolidar un modelo de desarrollo inclusivo basado en el conocimiento. Esta consigna quedó plenamente plasmada en el Plan Nacional “Argentina Innovadora” presentado en 2012, uno de cuyos temas fundamentales fue promover la cultura de la innovación sustentable como base imprescindible para la competitividad económica. En esta dirección, el plan priorizó seis áreas socio-económicas estratégicas, enfatizando la vinculación territorial de las acciones y la asignación equitativa de los recursos al nivel federal. Para implementar estas orientaciones, la Agencia Nacional de Promoción de Ciencia y Tecnología (ANPCyT) impulsó la constitución de alianzas público-privadas y público-públicas y generó numerosos instrumentos de financiamiento. El Consejo Interinstitucional de Ciencia y Tecnología (CICyT) y el Consejo Federal de Ciencia y Tecnología, (COFECyT), existentes desde 2001, estuvieron a cargo, respectivamente, de la coordinación entre los distintos organismos nacionales y de la articulación con las instancias provinciales de ciencia y tecnología.

El eje central del plan estuvo dirigido a fortalecer el sistema científico-tecnológico en todos los niveles. Un porcentaje mayoritario del presupuesto fue

destinado a convocatorias de proyectos de I+D gestionados a través de la ANP-CyT y el CONICET. La organización de plataformas tecnológicas nacionales y la adquisición de grandes equipamientos se vehicularon mediante programas especiales respaldados por fondos nacionales e internacionales. En la región patagónica, estas acciones se tradujeron en un notable aumento del número de investigadores y becarios, la instalación y ampliación de nuevas facilidades, y la organización de múltiples actividades de fomento al emprendedurismo. Paralelamente, entre 2013 y 2019, el Gabinete Científico y Tecnológico (GACTEC) impulsó y consolidó dos iniciativas nacionales que tuvieron fuerte impacto en la región: la iniciativa Pampa Azul, para promover la investigación en el mar; y la iniciativa Bioeconomía Argentina, dirigida a valorizar los recursos de biomasa del país. Ambas iniciativas han tenido continuidad hasta el presente y fueron revalidadas por gobiernos de distinto signo político.

## Pampa Azul

Hasta 2013, el impulso a la investigación marina carecía de orientaciones integradoras debido a la escasa articulación interinstitucional, las graves restricciones presupuestarias y la precariedad de las infraestructuras de apoyo. La iniciativa Pampa Azul comenzó a implementarse en 2014 con el fin de estimular



**Figura 4:** Operaciones de investigación marina a bordo del buque de investigación Puerto Deseado (CONICET).

y articular las actividades científico-tecnológicas vinculadas al mar (Figura 4). Sus orientaciones generales fueron establecidas por un Comité Interministerial integrado por representantes de siete ministerios y se resumieron en tres ejes centrales: a) generar conocimiento interdisciplinario para el manejo y explotación sustentable de ambientes y recursos marinos; b) impulsar el desarrollo tecnológico para fortalecer la competitividad de las industrias del mar y las economías de las provincias marítimas; c) profundizar la toma de conciencia sobre el patrimonio marítimo por parte de la sociedad argentina. Sobre esta base se encaró un conjunto de actividades destinadas a reforzar las infraestructuras de investigación, impulsar la innovación tecnológica y expandir la formación de los recursos humanos. Un importante hito en apoyo de la iniciativa fue la promulgación de la Ley 27.167 de creación del Programa Nacional de Investigación e Innovación Productiva en Espacios Marítimos Argentinos (PROMAR; 2015), la que fue aprobada con el voto unánime del Congreso Nacional.

Las líneas de investigación de Pampa Azul fueron definidas por un Consejo Asesor Científico integrado por destacados investigadores. En base a sus características oceanográficas, el interés de sus ecosistemas y el impacto de las actividades humanas, se establecieron como áreas prioritarias el banco Burdwood, el Agujero Azul (talud continental), el golfo San Jorge, las islas Georgias y Sandwich del Sur y el sistema fluvio-marino del Río de la Plata. En 2018, se agregaron a estas áreas el golfo San Matías y el canal de Beagle. Los objetivos de desarrollo tecnológico y los mecanismos de transferencia al sector productivo fueron acordados por un Consejo Asesor Tecnológico conformado por profesionales del sector público y privado, cuyas actividades se focalizaron en seis sectores de alto impacto económico (hidrocarburos y energía marina, industria pesquera, maricultura, ingeniería naval, sistemas de captura de datos, detección y comunicación y biotecnología marina) y en la asistencia en materia de equipamiento científico e infraestructura naval. La labor de ambos consejos se fundamentó en veintiséis talleres de trabajo sobre temas específicos en los que participaron más de 250 personas. El resultado de este proceso quedó materializado en el documento “Horizontes Estratégicos para el Mar Argentino”, publicado en 2016.

El lanzamiento de Pampa Azul implicó un continuado esfuerzo por mejorar las plataformas navales y terrestres. En años sucesivos, se incorporaron a la flota de investigación los buques Austral (CONICET, 2015), Víctor Angelescu (INIDEP, 2017), Shenu (CONICET, 2021) y Mar Argentino (INIDEP, 2021), lo que permitió multiplicar las investigaciones en materia oceanográfica y pesquera. Paralelamente, se reintegró al servicio el rompehielos Almirante Irizar (Armada Argentina) y se mejoró el estado operativo de los buques Puerto Deseado (CONICET) y Bernardo Houssay (Prefectura Naval Argentina). Simultáneamente, se realizaron ampliaciones edilicias y adquisiciones de equipamiento en institutos claves para la investigación marina. Estas acciones permitieron realizar cerca de cincuenta campañas en las áreas priorizadas, lo que se tradujo en un ponderable incremento de publicaciones argentinas en ciencias del mar y la creación

de nuevas bases de datos. Por otra parte, la continuidad del trabajo de investigación permitió reafirmar la soberanía argentina en los espacios marítimos del país. En esta línea, son especialmente significativos la convalidación del límite exterior de la plataforma continental por parte de las Naciones Unidas (2017), y la creación de las áreas marinas protegidas Namuncurá I y II (2013 y 2018) y Yaganes (2018).

Las costas patagónicas comprenden más del 60% del litoral argentino y representan la principal base de proyección sobre el espacio marítimo nacional. En función de ello, las universidades e institutos situados sobre las mismas actuaron como cabeceras naturales para las campañas oceanográficas y ocuparon un lugar prominente en el desarrollo de Pampa Azul. En este marco, el CADIC constituyó el pivote central de las investigaciones sobre el banco Burdwood y el canal de Beagle y jugará un rol similar en el área Yaganes, situada al norte del pasaje Drake. Debido a su localización estratégica, este centro es además una plataforma de elección para la cooperación internacional en la zona subantártica. En forma análoga, los institutos nucleados en el CCT-CENPAT centralizaron las actividades en las zonas de península de Valdés, el talud continental y el golfo San Jorge, y el CIMAS, situado en San Antonio Oeste, hizo lo propio respecto de los estudios ecosistémicos y pesqueros en el golfo San Matías. Aunque muchas otras instituciones del país han participado activamente de Pampa Azul, los logros obtenidos desde su inicio no hubieran sido posibles sin la participación patagónica, ya que la misma permitió dotar a la iniciativa de la transdisciplinariedad y la focalización necesarias.

## Iniciativa Bioeconomía Argentina

A partir de 2013, el MinCyT impulsó la iniciativa Bioeconomía Argentina, la que también fue canalizada a través del GACTEC. Este concepto, que propone conciliar el procesamiento de la biomasa con criterios de mínimo impacto ambiental, se apoya en el aporte masivo de conocimientos y tecnología. Bajo este esquema, se impulsan procesos de economía circular y de producción “en cascada” y se promueve la agregación de las actividades agroindustriales en *bioclusters* y biorrefinerías, lo que permite valorizar las economías locales en un marco de sustentabilidad social y ambiental. Más de cincuenta países han creado programas nacionales para impulsar este paradigma.

Entre 2013 y 2015, el MinCyT organizó varios simposios públicos con la finalidad de difundir este modelo y relaborarlo desde una perspectiva nacional. Estas actividades tuvieron fuerte repercusión pública y sentaron las bases para establecer agendas específicas en distintas zonas del país. Dada a la diversidad de sus ecosistemas y sus ofertas de biomasa, pronto se percibió la conveniencia de generar encuentros por biorregiones y de articular más estrechamente las iniciativas nacionales con las demandas locales. En apoyo de esta orientación,



se crearon foros regionales, antenas tecnológicas, instrumentos de difusión masiva y páginas *web* dedicadas a la bioeconomía argentina. En 2017, se concretó un acuerdo formal entre ocho áreas del gobierno nacional y se constituyó una comisión de trabajo para encarar la elaboración de programas y proyectos de interés en agricultura, alimentos, foresto-industria, pesca, acuicultura, bioenergía, biomateriales y salud humana y animal.

En la Patagonia, en que la relación producción/ambiente es particularmente relevante, la iniciativa despertó un interés especial. La confluencia entre una cultura pionera respetuosa del ambiente y una fuerte necesidad de trabajos calificados, permitió avanzar en una visión regional que influyó marcadamente en la discusión de agendas públicas y privadas. Por otra parte, los costos incurridos por el transporte y la concentración de la población en núcleos relativamente aislados estimularon las tendencias ya existentes a la creación local de valor. En el período 2015- 2019, las organizaciones regionales convocaron a encuentros anuales de discusión, dando pie a numerosos proyectos y resultando en la constitución de un foro estable. Una de las principales conclusiones emergentes de este proceso fue la necesidad de fortalecer las políticas de ciencia, tecnología e innovación en todas las provincias patagónicas. Consecuentemente, temas tales como la diversificación del sector agroforestal, la obtención de nuevos cultivos, el desarrollo de la maricultura y la prospección de biodiversidad para fines biotecnológicos, cobraron mayor prominencia en los programas de enseñanza e investigación.

## REFLEXIONES Y PERSPECTIVAS

El impulso cobrado por la investigación patagónica en los últimos veinte años se refleja en el incremento del personal de investigación y en el número de instituciones científico-tecnológicas. Según datos de 2021, la dotación del CONICET radicada en la región, incluyendo investigadores, personal de apoyo y becarios, suma 1.859 personas. La Tabla VII resume la distribución de este personal en las distintas provincias. Si se considerase el personal de investigación que se desempeña en las universidades, CNEA, INTA y empresas de tecnología, este número se eleva a más de 4.000 personas.

Un factor importante que contribuyó a este proceso, y que a menudo ha sido subestimado, es la creación de estructuras de gestión para ciencia y tecnología en casi todas las provincias de la región. Su consolidación permitió canalizar las políticas nacionales, afirmar la articulación intrarregional y generar una mayor aproximación a temas de interés socio-productivo. La mayor disponibilidad de recursos, el funcionamiento activo del COFECyT y la implementación de iniciativas estratégicas contribuyeron a consolidar las capacidades territoriales y a una definición más clara de objetivos y metas.



Desmintiendo una opinión expresada con cierta frecuencia, el foco puesto en el desarrollo socio-económico no ha ido en desmedro de las disciplinas básicas. Por el contrario, las mismas se han enriquecido con nuevos desafíos y problemas y ello se ha visto reflejado en la productividad científica de la región, la que se ha ido incrementando paulatinamente y es hoy comparable con la del resto del país. Otro aspecto valorable de estos últimos años ha sido la creación de centros conjuntos entre el CONICET y las universidades patagónicas, lo que se tradujo en mayor eficiencia en el uso de los recursos y en el reforzamiento de la investigación interdisciplinaria. Dado que la investigación patagónica involucra una alta proporción de personal joven (86% de los investigadores del CONICET revistan en las tres primeras categorías de la carrera) es lícito asumir que esta tendencia se mantendrá en el futuro.

En relación con la distribución de la investigación en las grandes áreas establecidas por el CONICET, la misma es relativamente equilibrada entre las áreas tradicionales y fuertemente deficitaria en el área de tecnología (Tabla VIII). Esta situación no difiere mucho de la puede constatar en el resto del país y refleja una tendencia histórica a fomentar prioritariamente la investigación disciplinaria. Sin embargo, siendo el desarrollo tecnológico un factor clave para el futuro de la economía, modificar esta situación tiene carácter urgente y requerirá intensos esfuerzos inter- y transdisciplinarios.

**Tabla VIII.** Distribución de investigadores y becarios CONICET por provincias y por grandes áreas de investigación (% de personal total)

Grandes Áreas de Investigación	Chubut		La Pampa		Neuquén		Río Negro		Santa Cruz		Tierra del Fuego	
	I	B	I	B	I	B	I	B	I	B	I	B
Ciencias Agrarias, de la Ingeniería y de Materiales	20,6	24,2	26,4	45,5	40,4	41,8	26,4	34,8	33,3	28,1	16,4	20,8
Ciencias Biológicas y de la Salud	42,7	31,8	17,0	16,7	9,6	7,6	25,6	19,5	11,1	6,2	49,1	29,2
Ciencias Exactas y Naturales	18,4	24,2	28,3	22,7	17,3	5,0	35,6	30,3	33,3	12,5	16,4	33,3
Ciencias Sociales y Humanidades	14,2	16,6	28,3	15,1	30,7	41,8	7,4	14,2	22,1	40,6	18,2	16,7
Tecnología	4,1	3,3	---	---	1,9	3,8	5,0	1,3	---	12,5	---	---

I: Investigadores (todas las categorías); B: becarios (becas doctorales y posdoctorales). Datos tomados de CONICET (2021).

Si bien la Patagonia tiene muchas ventajas comparativas, la adquisición de mayor competitividad es un objetivo ineludible para una inserción exitosa en el mundo contemporáneo. La producción incesante de nuevos conocimientos y las fuertes tendencias hacia la digitalización y robotización de las actividades productivas requieren integrar consistentemente estas dimensiones en los planes en todos los niveles de gobierno. Los logros del Centro Atómico Bariloche y de las empresas derivadas constituyen un caso de impacto tecnológico que debería ser exhaustivamente analizado. La existencia de ricos recursos naturales y el desarrollo alcanzado por el sistema de investigación permitirían apuntalar procesos similares en las áreas de biotecnología, energía renovable, digitalización y telecomunicación, lo que acarrearía impactos económicos extraordinarios. Las condiciones básicas para que ello ocurra son la jerarquización de las instancias provinciales de ciencia y tecnología, el fortalecimiento de las infraestructuras institucionales y la formación continua de recursos humanos calificados. Si algo es predecible en el futuro, es que el acceso a una sociedad equitativa y sostenible dependerá crecientemente de la educación de toda la población y de la disponibilidad de sólidas capacidades científicas y tecnológicas. Sobre las bases de lo construido, la Patagonia tiene amplias posibilidades de completar un camino exitoso en esta dirección.

## CAPÍTULO 4

### ¿Qué hace INVAP en la Patagonia?

**Vicente Campenni**

Gerente General y CEO principal de INVAP.

[www.invap.com.ar](http://www.invap.com.ar)

**Palabras clave:** *INVAP, Tecnología Nuclear, Satélites, Radar, Medicina Nuclear.*

**Keywords:** *INVAP, Nuclear Technology, Satellites, Radar, Nuclear Medicine.*

#### Resumen

Esta nota arranca con la siguiente pregunta: ¿Por qué el INVAP en San Carlos de Bariloche? La idea que luego daría origen a INVAP nace del grupo de Física Aplicada que surgió dentro del Centro Atómico Bariloche. La idea que surgió y maduró en este grupo de Física Aplicada era simple: hacer del conocimiento una herramienta para el desarrollo productivo de Argentina. Se describen todas las múltiples actividades del INVAP para las cuales la Patagonia, tanto en su territorio continental como en su enorme plataforma oceánica, tiene un altísimo potencial como campo de aplicación de proyectos tecnológicos productivos que contribuyan al desarrollo.

#### Abstract

##### What is INVAP doing in Patagonia?

This article starts with a question: Why the INVAP is located in San Carlos de Bariloche (Patagonia)?. The original idea giving raise to INVAP is born within the Applied Physics group of the Atomic Center of Bariloche. Within this group the initiative and maturation of the project was simple: to use knowledge to build a tool for a productive development in Argentina. All the multiple activities of INVAP are described, pointing

that Patagonia Region has a high potential in the field of production technological projects implementation.

## INTRODUCCION

Hace un tiempo una persona me hizo la siguiente pregunta: ¿qué hace INVAP en la Patagonia? Por un momento me surgió la duda de si su curiosidad se enfocaba en los objetivos de INVAP o en el motivo del nacimiento de una empresa de tecnología como INVAP en la región patagónica. Durante el desarrollo de mi respuesta me di cuenta de que ambas cuestiones estaban fuertemente vinculadas.

Para poder expresar lo que es INVAP como empresa, cuáles son sus objetivos, qué es lo que hacemos, resulta necesario hablar de sus orígenes y, por ende, de las razones de su localización. Por lo tanto, arranquemos con la siguiente pregunta: ¿Por qué en San Carlos de Bariloche?

La idea que luego daría origen a INVAP nace del grupo de Física Aplicada que surgió dentro del Centro Atómico Bariloche, dirigido por el Dr. Conrado Varotto a principios de los 70.



**Figura 1.** Los inicios de INVAP la habitación 4 del pabellón 6 del CAB.

Ahora bien, es necesario tener en cuenta que en la propia creación del Centro Atómico Bariloche, en el Instituto Balseiro y en todo el desarrollo nuclear de la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) existía un grupo de personas que exaltaba la iniciativa, la audacia, el “sí se puede”. Eran tiempos en los que Jorge Sábato ya hablaba de innovación y de la relación entre tecnología y la política económica, tanto a nivel país, como a nivel regional.

**La idea que surge y madura en este grupo de Física Aplicada era simple: hacer del conocimiento una herramienta para el desarrollo productivo de nuestro país.** Hoy esta idea parece una obviedad, es más, ya nos referimos con naturalidad a la Economía del Conocimiento, pero estamos hablando de medio siglo atrás.

El concepto se basaba en generar un instrumento que sirva como puente entre las distintas entidades de generación del conocimiento (academia, institutos, centros de investigación, organismos) y su aplicación en proyectos productivos.

Hablar de proyectos productivos implicaba una serie de conceptos inusuales para un grupo de investigación.

Implicaba e implica hablar de un cliente. Alguien que tiene la necesidad de producir algo en busca de un beneficio, ya sea comercial, social o estratégico. Alguien que define sus requerimientos como datos de entrada para definir un proyecto. Alguien que espera que el proyecto se ejecute en un plazo definido. Alguien que está dispuesto a pagar un precio por la ejecución del mismo.

También implica hablar de una organización con capacidad de gestión, no solo tecnológica sino también comercial, financiera, de recursos humanos, etc.

**En definitiva, implica hablar de una organización que vive de lo que produce.**

La maduración de esta idea llevó a la convicción de la necesidad de crear una empresa independiente y autárquica, que genere ingresos provenientes de desarrollos de proyectos tecnológicos complejos, como soluciones a problemas reales de la industria y la ingeniería aplicada.

Así nace INVAP en 1976, una empresa Sociedad del Estado con la participación de la Provincia de Río Negro y la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Claramente, los primeros proyectos estaban dentro de la órbita del conocimiento del área nuclear, con un fuerte componente estratégico como fue el proyecto de la planta de enriquecimiento de uranio en Pilcaniyeu.

Pero esta idea de hacer del conocimiento una herramienta para el desarrollo de nuestro país no se sostiene sin decisiones políticas. En 1978 la CNEA crea la carrera de Ingeniería Nuclear en el Instituto Balseiro y contrata a INVAP para



**Figura 2.** Sede Central de INVAP SC. de Bariloche.

construir conjuntamente un reactor de investigación y entrenamiento, el RA-6, en lugar de comprarlo a un proveedor externo. Los años demostraron que esta fue una decisión estratégica.

A principios de los 90 y luego de una fuerte reducción del presupuesto asociado al plan nuclear se produce una importante crisis financiera que obligó a una reestructuración de INVAP. En la búsqueda de la mitigación a esta crisis se comienza a consolidar el perfil actual de la empresa a través de la exportación y la diversificación de las áreas tecnológicas.

INVAP ya tenía experiencia en proyectos de exportación, principalmente con el reactor de investigación NUR en Argelia que se desarrolló en el marco de un acuerdo país y cuya puesta en marcha se realizó en 1989.

Con ese logro como respaldo, INVAP sale a competir en el mercado internacional con las grandes empresas del área, ganando licitaciones como la de Egipto y Australia, consolidándose como exportador de reactores nucleares de investigación.

También a principios de los 90 se crea la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) que, con la colaboración de la agencia espacial norteamericana (NASA), lanza la serie SAC, un programa de satélites nacionales de aplicación científica. En esta oportunidad, INVAP es elegida como contratista principal por su experiencia en la implementación de proyectos complejos desarrollada inicialmente en el área nuclear.

Este salto de área tecnológica se vuelve a repetir una década más tarde cuando se crea el proyecto de radarización nacional. Aquí nuevamente es clave la decisión política de diseñar y producir en el país productos adaptados a nuestras necesidades, en lugar de comprarlos en el exterior.



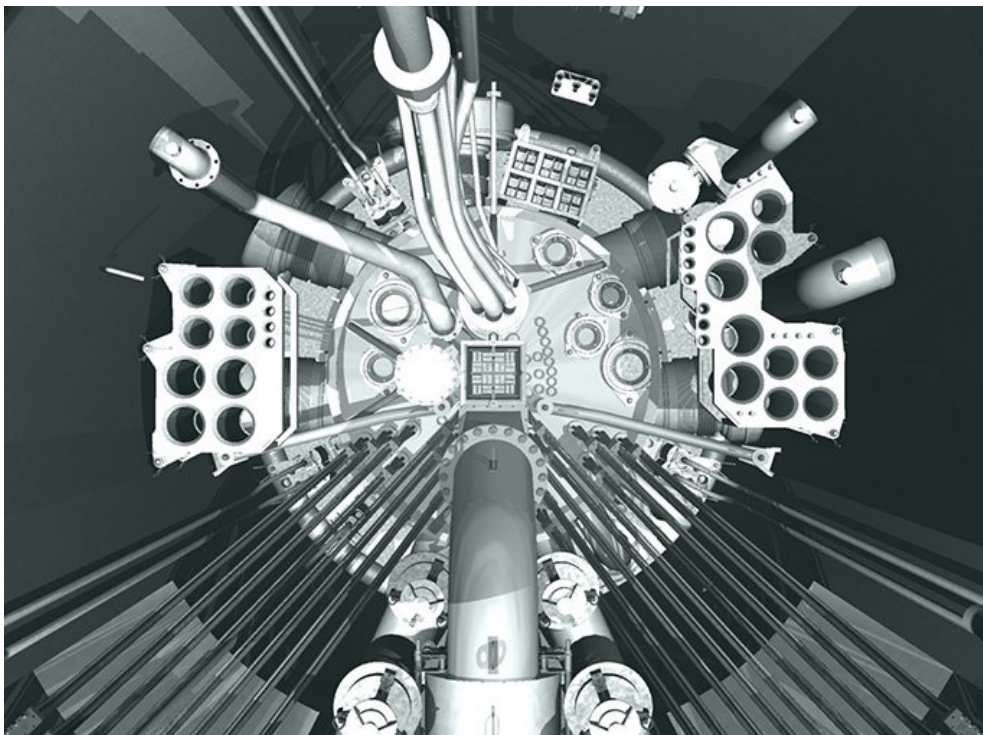
## ENTONCES... ¿QUÉ HACE INVAP?

INVAP es una empresa que desarrolla y gestiona proyectos tecnológicos complejos productivos, con una particular atención en satisfacer los requerimientos del cliente. Su Sede Central está en Bariloche pero hoy tiene oficinas en distintos lugares del país y del mundo.

También podemos decir que INVAP procura ocupar un lugar en la cadena de valor de la economía del conocimiento, dinamizando la relación entre organismos generadores de conocimiento y las necesidades productivas del país.

A su vez, podemos decir que INVAP, como empresa del Estado, busca aportar al desarrollo económico de nuestro país, generando empleo genuino no solo para su personal sino también en la cadena de valor que movilizan sus proyectos, reduciendo la salida de divisas y exportando proyectos de alto valor agregado.

A través de su historia INVAP fue consolidando un modelo de negocio que podemos resumir en:



**Figura 3.** Render tanque reflector Reactor Pallas - INVAP.

**Satisfacer las necesidades a nivel nacional para el desarrollo y la gestión de proyectos tecnológicos complejos, empleando capacidades locales y soluciones adaptadas a las características específicas de nuestra región y cultura, y hacerlo de manera competitiva, para luego capitalizar las capacidades adquiridas en la exportación de proyectos similares.**

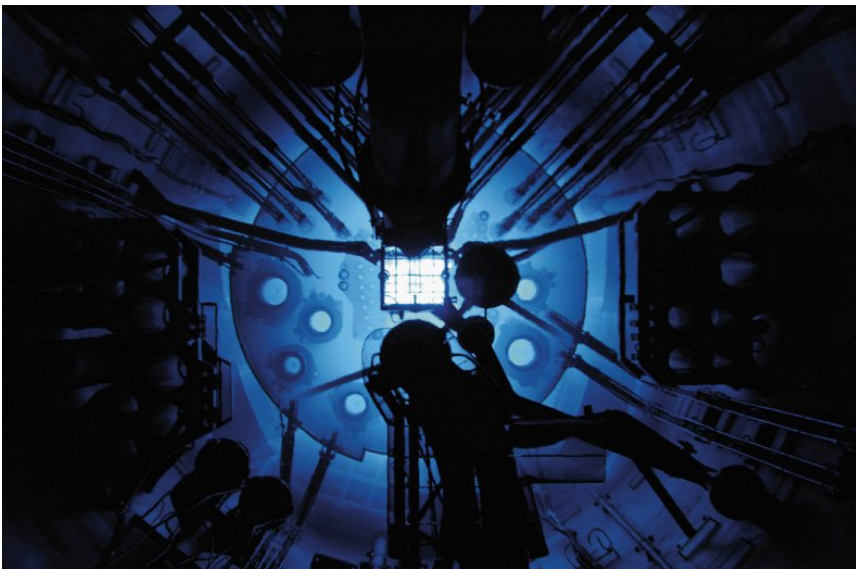
Para poner esto en dimensión podemos decir que durante los últimos 10 años INVAP desarrolló proyectos por cerca de 2000 millones de dólares, de los cuales un 20% corresponde a proyectos de exportación. En lo que respecta a los proyectos nacionales, la alternativa de ejecución de estos sería la importación lo que implica un monto similar de salida de divisas.

La empresa emplea hoy a más de 1300 personas y el valor agregado nacional de todos sus proyectos es superior al 80%, y se divide casi en partes iguales en trabajos realizados dentro de INVAP y trabajos efectuados por proveedores nacionales.

Actualmente bajo este modelo se están desarrollando cuatro áreas de negocios.

## Área Nuclear

INVAP es reconocida en el mundo por su tecnología nuclear y hoy forma parte del grupo líder en la construcción de reactores nucleares utilizados para inves-



**Figura 4.** *Tanque reflector Reactor OPAL Australia - INVAP.*

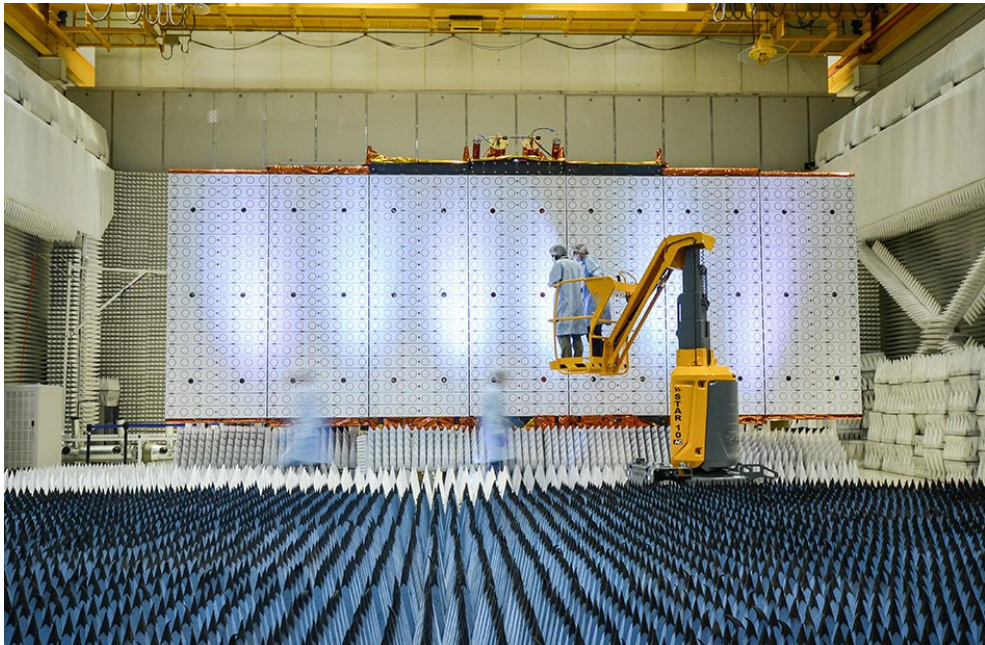
tigación científico-tecnológica, producción de radioisótopos de aplicación en salud e instalaciones nucleares de alta complejidad.

Actualmente, INVAP está trabajando en el desarrollo de la ingeniería de los reactores PALLAS (Holanda) y RMB (Brasil). El primero, será destinado a la producción de radioisótopos, mientras que el segundo, es un reactor multipropósito, destinado tanto a la investigación, como a la producción de radioisótopos.

Dentro de Argentina, junto con la Comisión Nacional de Energía Atómica, se está llevando a cabo la construcción del reactor multipropósito argentino, RA-10.

## Área Satelital

Con ocho satélites diseñados, construidos y puestos en órbita, la compañía se ha ganado un lugar de privilegio en el escenario internacional de la tecnología satelital y hoy es la única empresa latinoamericana con capacidad de generar proyectos satelitales completos, desde el concepto de la misión hasta la puesta en órbita del satélite y su operación, exceptuando el lanzamiento.



**Figura 5.** *Satélite SAOCOM 1A - INVAP.*





**Figura 6.** *Satélite ARSAT 2 - INVAP.*

En el ámbito del desarrollo de satélites de observación de la tierra, la empresa tuvo su hito más reciente con el lanzamiento del satélite de observación de la Tierra SAOCOM 1B el 30 de agosto de 2020.

Asimismo, INVAP está trabajando en la misión SABIA-Mar (Satélite Argentino Brasileiro para Información del Ambiente Marino), proyecto que es llevado adelante a través de las agencias espaciales CONAE y Agencia Espacial Brasileña (AEB) respectivamente, con la participación de diversas empresas e instituciones de ambos países.

En el ámbito del desarrollo de los satélites geoestacionarios, INVAP asociada con la empresa Turkish Aerospace está desarrollando una nueva serie de satélites para ingresar en forma competitiva en el mercado internacional de los satélites para telecomunicaciones de bajo peso y alto rendimiento.

También se encuentra trabajando junto con la empresa nacional de telecomunicaciones ARSAT SA en la definición del tercer satélite de su flota, el ARSAT Segunda Generación 1, o ARSAT-SG1

## Área Defensa, Seguridad y Ambiente

INVAP trabaja en equipo con gobiernos y actores privados para aportar tecnologías innovadoras en los ámbitos de Defensa, Seguridad y Ambiente.

En el ámbito de la Defensa, recientemente se firmó el contrato para la provisión de radares RPA-200F, la última generación de radares 3D de vigilancia y control aéreo, que complementarán a los radares RPA-240T ya fabricados por INVAP.

Junto con la Empresa Argentina de Navegación Aérea (EANA) se está definiendo la provisión y modernización para mejorar el sistema de radarización y control del tránsito aéreo de nuestro país.

En el área de Ambiente y en el marco del Sistema Nacional de Radares Meteorológicos, INVAP ha diseñado y provisto para la Secretaría de Infraestructura y Política Hídrica de Nación un sistema integrado de once radares meteorológicos y sus centros de operaciones. Entre los nuevos desarrollos, se destaca un sistema de uso dual basado en un helicóptero no tripulado de alas rotativas, denominado RUAS-160, un sistema versátil a ser utilizado en actividades de seguridad, defensa, aplicación hiperselectiva de fitosanitarios para el agro, explotación petrolera y de gas, para apoyo ante emergencias, entre otras actividades.



**Figura 7.** Radar RPA-170M - INVAP.



**Figura 8.** Radar RMA-C320 - INVAP.

## Área de Sistemas Médicos

INVAP desarrolla proyectos de Centros de Medicina Nuclear de alta complejidad tanto con clientes nacionales como internacionales.

En Argentina, INVAP desarrolla para la CNEA, Centros de Medicina Nuclear con áreas de tratamiento oncológico con radiaciones mediante Aceleradores Lineales de uso Clínico y equipos de Braquiterapia de alta tasa de dosis.

A su vez, está en construcción en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, un Centro de Protonterapia con facilidades únicas en Latinoamérica para el tratamiento de cáncer con protones.

En Bolivia, actualmente se encuentra en ejecución un contrato para la provisión llave en mano de tres Centros de Medicina Nuclear. El convenio, a su vez, incluye la capacitación de profesionales bolivianos a través de centros académicos de CNEA.





**Figura 9.** Instituto de Medicina Nuclear y Tratamiento del Cáncer El Alto, Bolivia - INVAP.

## ¿Y QUÉ PODEMOS DECIR DEL FUTURO?

Cuando de la cuna del conocimiento nuclear, se creó INVAP para hacer de la tecnología una herramienta del desarrollo del país, es natural que los fundadores tuvieran la visión del desarrollo comercial en el área de reactores nucleares o en el área de la medicina nuclear, pero no podían imaginarse en esos momentos que se sumarían los desarrollos de satélites y radares.

Esto nos lleva a otra pregunta, ¿cuáles serían las posibles áreas tecnológicas, o los nuevos proyectos, donde aplicar este modelo de desarrollo?

Hoy solo podemos especular al respecto, basado en los nuevos espacios tecnológicos que se están desarrollando y las necesidades que surgen de la búsqueda de una sociedad más justa, sustentable y desarrollada económicamente.

Así podemos hablar del área de energía ambientalmente amigable como el hidrógeno verde o la energía nuclear o los sistemas de almacenamiento masivos de energía que combinados con las energías renovables permiten un uso eficiente de estos recursos.

O podemos hablar de la explotación sustentable de los recursos que existen en la plataforma continental.

En todos los casos mencionados la Patagonia, tanto en su territorio continental como en su enorme plataforma oceánica, tiene un altísimo potencial como campo de aplicación de proyectos tecnológicos productivos que contribuyan al desarrollo de nuestro país.

## CAPÍTULO 5

### La Patagonia, esa tierra incógnita

**Victor A. Ramos**

Instituto de Estudios Andinos Don Pablo Groeber  
(IDEAN-UBA-CONICET)  
Profesor Emérito de la Universidad de Buenos Aires  
e Investigador Emérito del Conicet.

andes@gl.fcen.uba.ar

**Palabras clave:** *aridez extrema, bosques de Notophagus, relaciones filogenéticas, colisión.*

**Keywords:** *extreme aridity, Notophagus forests, phylogenetic relationships, collision.*

#### Resumen

El descubrimiento y los primeros intentos de colonización mostraron que la Patagonia era una tierra árida e inhóspita. Las primeras observaciones científicas destacaron que fue “benedicida por la esterilidad”, y quizás gracias a esto, el Congreso chileno aceptó fácilmente los reclamos argentinos sobre su soberanía. Las exploraciones en las estribaciones de los Andes patagónicos años después revelaron densos bosques y enormes ríos que abrieron nuevos interrogantes. La rica flora de *Notophagus* llevó a fines del siglo XIX a identificar sus estrechas relaciones con los continentes australes y marcadas diferencias con el resto de los bosques sudamericanos, destacando el carácter “exótico” de la Patagonia. Un siglo después, los estudios filogenéticos corroboraron estas afinidades, pero mostraron que los que dejaron América del Sur fueron los continentes australes antes de los 30 millones de años. Finalmente, los estudios geológicos indicaron que la Patagonia se había incorporado al Gondwana occidental hace unos 250 millones de años. Estas características hacen de la Patagonia una tierra única por sus notorias peculiaridades, pero con un futuro extraordinario en base a sus recursos naturales en tierra firme y los del margen continental costa afuera adyacente.

## Abstract

### Patagonia, that unknown land

The discovery and the first attempts of colonization showed that Patagonia was a barren and inhospitable land. The first scientific observations highlighted that it was “blessed by sterility”, and perhaps thanks to this, the Chilean Congress easily accepted the Argentine claims on its sovereignty. The explorations at the foothills of the Patagonian Andes years later showed dense forests and huge rivers that opened new questions. The rich flora of *Notophagus* led at the end of the 19th century to identify its close relations to the southern continents, and outstanding differences with the rest of South American forests, highlighting the “exotic” character of Patagonia. A century later, phylogenetic studies corroborated these affinities, but showed that those who left South America were the southern continents prior to 30 million years. Finally, geological studies indicated that Patagonia had been incorporated into western Gondwana some 250 million years ago. These characteristics make Patagonia a unique land due to its notorious peculiarities, but with an extraordinary future due to its onshore resources and the ones of the adjacent offshore continental margin.

Desde su descubrimiento por Magallanes en 1520 la Patagonia ha sido considerada una tierra yerma, inhóspita y llena de misterios. Hubo varios hechos que contribuyeron a lo largo de los siglos a que sea así apreciada desde su colonización y aún en nuestros días por sus características diferentes al resto del continente sudamericano. El objetivo de la presente contribución es tratar de entender por qué fue así considerada, en sus inicios por los que intentaron colonizarla, y en la actualidad, por los que pretendieron develar sus misterios. Esas características hicieron que a través de los años se generaran sospechas de su pertenencia al resto del continente, esbozando interpretaciones algunas pioneras en sus conclusiones, otras basadas en hipótesis de poco sustento, muchas de ellas erradas. Aún hoy día, a pesar de existir consenso que tiene características únicas y distintas al resto del continente sudamericano, no se ha logrado un cabal conocimiento de sus características geológicas y como ha sido su evolución a lo largo de los centenares de millones de años que se registran en su historia.

Para poder entender el desarrollo de las ideas y de su conocimiento es necesario comenzar con algunas apreciaciones históricas, y ver cómo fueron evolucionando a través de los años para llegar al momento actual.

## LOS INICIOS DEL CONOCIMIENTO

El rey Carlos I de España concedió a Francisco Pizarro la gobernación de Nueva Castilla en lo que es actualmente el Perú en 1529, y a Diego de Almagro la de Nueva Toledo, 200 leguas al sur correspondientes a la parte norte de Chile. Poco después se le asignó la gobernación de Nueva León de océano a océano a Simón de Alcazaba y Sotomayor. Esta iba del cabo de San Antonio en la provincia de Buenos Aires hasta el estrecho de Magallanes, abarcando hasta el océano Pací-

fico. Al norte de ésta se adjudicó a Pedro de Mendoza la gobernación de Nueva Andalucía que se extendía al norte del cabo San Antonio hasta los 25°S de latitud. La llegada a España poco tiempo después del tesoro de Atahualpa enviado por Pizarro, aceleró los tiempos y rápidamente se prepararon las expediciones de ambos adelantados para “conquistar, pacificar y poblar” a sus costas las regiones asignadas.

Simón de Alcazaba era un eximio navegante nacido en Portugal, pero que desde hacia años estaba al servicio del rey de España. Partió en 1534 con dos naves y un poco más de 250 hombres a la conquista de esa tierra casi desconocida que era la Patagonia. Intentó después de varios meses de navegación cruzar el estrecho de Magallanes, pero los vientos adversos se lo imposibilitaron. Cambió sus planes, subió hasta el norte del golfo de San Jorge, donde el 9 de marzo de 1535 funda Nueva León, la primera capital en territorio argentino. La población la funda con todos los requisitos necesarios y las pompas del caso, a la vera de un pequeño curso de agua, la caleta Hornos, en lo que hoy se conoce como Bahía Gil (véase Fig. 1). Es poco conocido que la fundación de Nueva León antecede casi por un año a la de Buenos Aires por Pedro de Mendoza.

Los expedicionarios partieron tierra adentro con muchas esperanzas en la búsqueda de ricas ciudades y tesoros sin par como los descubiertos por Pizarro. A los pocos días de caminata Simón de Alcazaba le cede el mando a su segundo,



**Figura 1:** Recorrido en tierra firme realizado por la expedición de Alcazaba y Sotomayor y el segundo intento colonizador de los padres jesuitas más de 200 años después.

pues a su edad no pudo mantener el ritmo de cinco leguas diarias y retorna a Nueva León. Caminaron más de 300 km en medio del desierto a la vera del río Guadalquivir (hoy río Chico), marginaron la Meseta Patagónica y remontaron el Chubut hasta alcanzar Los Altares. No vieron población alguna, se encontraron con unos pocos indios mansos y no hallaron riqueza mineral, ni de otro tipo. Extenuados y hambrientos se amotinaron en contra de su jefe, quien insistía en llegar hasta el Pacífico. La sublevación tuvo éxito retornando los amotinados exhaustos y hambrientos a Nueva León, donde ajusticiaron a Simón de Alcazaba y a unos pocos que lo apoyaron<sup>1</sup>. Derrotados y diezmados por las circunstancias regresaron atravesando numerosas penurias en su navegación de vuelta. Sus relatos de esa tierra yerma y estéril fueron tan trágicos, que por más de 200 años España no tuvo interés alguno en esas tierras de la Patagonia.

Dos siglos después el padre José Cardiel, sacerdote jesuita, dirige al gobernador de Buenos Aires una carta en 1746 que resume lo que se sabía o creía de estas tierras acerca de una mentada Ciudad de los Césares: “*De Buenos Aires al Estrecho*”, aseguraba Cardiel con un desconocimiento singularísimo de las distancias “... son 200 leguas. Ahí se dice que está la famosa ciudad de los Césares... Ahora tengo orden de ponerme 100 leguas de Buenos Aires para formar allí un pueblo de infieles y desde allí hacer por tierra ese famoso descubrimiento”. Sin embargo, la llegada de una fragata a Buenos Aires permite al gobernador organizar una expedición a las costas de la Patagonia<sup>2</sup>, cuyo recorrido se ilustra en la figura 1. Se embarcaron tres jesuitas, los padres José Quiroga, Matías Strobel y José Cardiel, que navegan todo a lo largo de la costa patagónica hasta Río Gallegos en Santa Cruz. Hicieron numerosos desembarcos, en especial motivados por el padre Cardiel, para explorar tierra adentro. Sus incursiones de hasta 25 leguas hacia el poniente en tierra firme fueron desalentadoras, “no habiendo hallado indio alguno ni era posible en una tierra del todo estéril, cual era la que había hallado y visto en todo el espacio que había caminado”. El padre Cardiel resume la expedición diciendo “hallamos tres ensenadas y tres buenos puertos, pero ni en aquéllos ni en éstos había leña ni agua buena, ni pasto ni tierra de sustancia, calidades necesarias para poblar, ni rastros algunos de indios”<sup>3</sup>.

La expulsión de los jesuitas en 1767 abrió el camino para que otro jesuita el padre Tomás Falkner, quien había compartido alguno de los viajes en la Sierra de Volcán en Buenos Aires, volviese a su tierra natal en Inglaterra. Ahí publica en 1774 su famosa “*A description of Patagonia and the Adjoining Parts of South America*”, escrita básicamente de memoria, pero que acompaña de un mapa muy completo para su época. Esta descripción despertó las ansias de dominio de algunos gobiernos europeos, que motivó al virrey Juan José de Vértiz, a cargo del recientemente creado virreinato del Río de la Plata, a mandar nuevas expediciones en 1778 para poblar la costa patagónica. Francisco de Viedma funda el Fuerte San José en el golfo homónimo de la Península de Valdés, mientras que su hermano Antonio funda un fuerte en San Julián, que fueron habitados hasta el fin de la colonia.



La caracterización postrera de estas tierras como yermas procede de Charles Darwin quien, en sus recorridos entre 1833 y 1835 dijo de la Patagonia “*this land is blessed by the sterility*”. Esta apreciación estuvo basada en el conocimiento exclusivo de la parte extra-andina de notable aridez por Darwin (1838). La descripción de Darwin tuvo fuerte influencia en sucesivos ministros plenipotenciarios chilenos en Argentina como José Lastarria en 1865-1866, o el mismo Barros Arana diez años después, que consideraron que la Patagonia no valía un conflicto con Argentina, sugiriendo el reconocimiento de la soberanía argentina sobre estas tierras. Estas afirmaciones fueron tenidas en cuenta durante la guerra del Pacífico por el salitre entre 1879 y 1884, cuando el congreso chileno, reconoció la soberanía argentina de la Patagonia, a cambio de la neutralidad argentina en esa guerra<sup>4</sup>. La decisión del congreso chileno hizo que en las ediciones posteriores del libro de Darwin se eliminara el capítulo correspondiente a esta aseveración.

## LOS BOSQUES DE LA PATAGONIA Y SU ORIGEN EXÓTICO

Se debe esperar a la expedición de George Musters entre 1869 y 1870, para una descripción de la fértil vegetación de la región del piedemonte andino, con sus bosques y ríos caudalosos, que alentara la colonización de estos sectores (Musters, 1871).

Esta descripción motivó nuevas expediciones organizadas primero en forma personal y luego a través de la Sociedad Científica Argentina. Entre ellas se destacan las de Francisco Moreno a partir de 1873, que culminaron con los estudios encarados a través del flamante Museo de La Plata y la cuestión de límites<sup>5</sup>.

Esas expediciones atrajeron la atención de numerosos naturalistas a fines del siglo XIX, quienes se preguntaban sobre la “*naturaleza exótica*” de su paisaje y flora, con “*conexiones muy estrechas con la Península Antártica, Australia y Nueva Zelanda*”. Se maravillaban por lo diferente que era la flora de *Notophagus* con respecto al resto de América del Sur, y en especial por sus fuertes similitudes con los continentes australes<sup>6</sup>. Estas afinidades de su flora llevaron a la formulación de hipótesis sobre las posibilidades de un origen alóctono de la Patagonia, pero sobre bases erróneas.

La flora de *Notophagus* que es dominante en Nueva Zelanda y otras regiones australes, está restringida en nuestro continente a la Patagonia. Tuvimos que esperar varias décadas para entender esas afinidades a través de los estudios de la biogeografía de las plantas que nos han permitido investigar si las relaciones filogenéticas por el espaciador transcrito interno nuclear (ITS) y los patrones filogeográficos por el ADN del cloroplasto (cpDNA) reflejaban una historia evolutiva antigua que no fuera borrada por las épocas glaciales. Los estudios sobre especies existentes a partir de quince haplotipos de cpDNA resultaron del análisis de tres regiones de codificación, con resultados muy interesantes<sup>7</sup>. Encuentra-

ron una divergencia profunda de cpDNA fechada en 32 Ma en latitudes medias de la Patagonia, que coincide con la apertura casi inmediatamente posterior del estrecho de Drake que nos separó definitivamente de los continentes australes hace ya 30 Ma<sup>8</sup>. Además, se pudo constatar rupturas más recientes por cpDNA que ocurrieron en la región más al norte de la Patagonia (Fig. 2), cuyas características paleogeográficas complejas explican las discontinuidades genéticas. Estos ambientes paleogeográficos actuaron como barreras para la continuidad



**Figura 2:** Paleogeografía de la Patagonia para el Oligoceno-Mioceno (aprox. 30 a 20 Ma) que muestran las intrusiones marinas tanto del Atlántico como del Pacífico. Las facies marinas pueden haber sido importantes barreras para la dispersión de *Notophagus* hacia el norte (Premoli et al. 2012).

de esas formas hacia el norte. A su vez los mares así creados impidieron la dispersión transoceánica durante la expansión del rango hacia latitudes más bajas.

Estos estudios confirmaron las sospechas de nuestros naturalistas del siglo XIX de las afinidades de la Patagonia con los continentes australes, pero el mecanismo fue otro. No es que la Patagonia haya llegado en los últimos millones de años a América del Sur, sino que los continentes australes se separaron de América del Sur durante el Cenozoico, en tiempos recientes desde el punto de vista geológico.

## LAS PRIMERAS OBSERVACIONES GEOLÓGICAS

Debemos esperar a las primeras décadas del siglo XX para tener análisis basados en argumentos geológicos que permitieran entender lo que pasaba con la Patagonia. Un geólogo alemán, Anselmo Windhausen (1882-1932), fue el primero que, en su análisis del continente de Gondwana con sus floras y faunas en común, identificó un sector al norte de la Patagonia que estaba altamente deformado en el extremo sur de Buenos Aires. Ese sector correspondiente a las Sierras de la Ventana continuaba en el Sistema del Cabo en Sud África. Esto le permitió interpretar que esa zona era la cicatriz altamente deformada, conocida como los Gondwánides, cuya existencia le permitía inferir que habían existido dos continentes independientes y separados, Brasilia al norte y Patagonia al sur (Fig. 3), que se habían soldado a fines de la era paleozoica (aprox. 250 Ma).

Windhausen publicó estas observaciones en el Diario del Plata el 9 de Julio de 1924, en un suplemento especial dedicado a la fecha patria, que permaneció desapercibido durante varias décadas.

## LA ALOCTONÍA DE LA PATAGONIA EN TIEMPOS MODERNOS

Esta hipótesis se originó a 5.200 m de altura, durante varios días de encierro en una carpa de alta montaña durante una fuerte tormenta de nieve, en uno de los primeros intentos de ascenso al Aconcagua. Mi ayudante en esa ocasión, el hoy Dr. Daniel Pérez, me preguntó que hay de cierto en lo que decía su profesor en La Plata que la Patagonia era un continente independiente durante el Cretácico (aprox. entre los 120-65 Ma). Pasé varias horas explicándole que para esa época era imposible, pero que si eso era para fines del Paleozoico uno podría especular sobre la base de una serie de características que pudo haber habido una colisión. La idea fue cobrando fuerza sobre la base de las dataciones isotópicas que se conocían para aquella época y pasé muy entusiasmado los dos días siguientes escribiendo y haciendo esquemas en la carpa. Terminada la tormenta y ya sin víveres volvimos al campamento base. Esas notas se convirtieron en un trabajo que presenté pocas semanas después en el Noveno Congreso Geológico Argentino en San Carlos de Bariloche (Ramos, 1984).

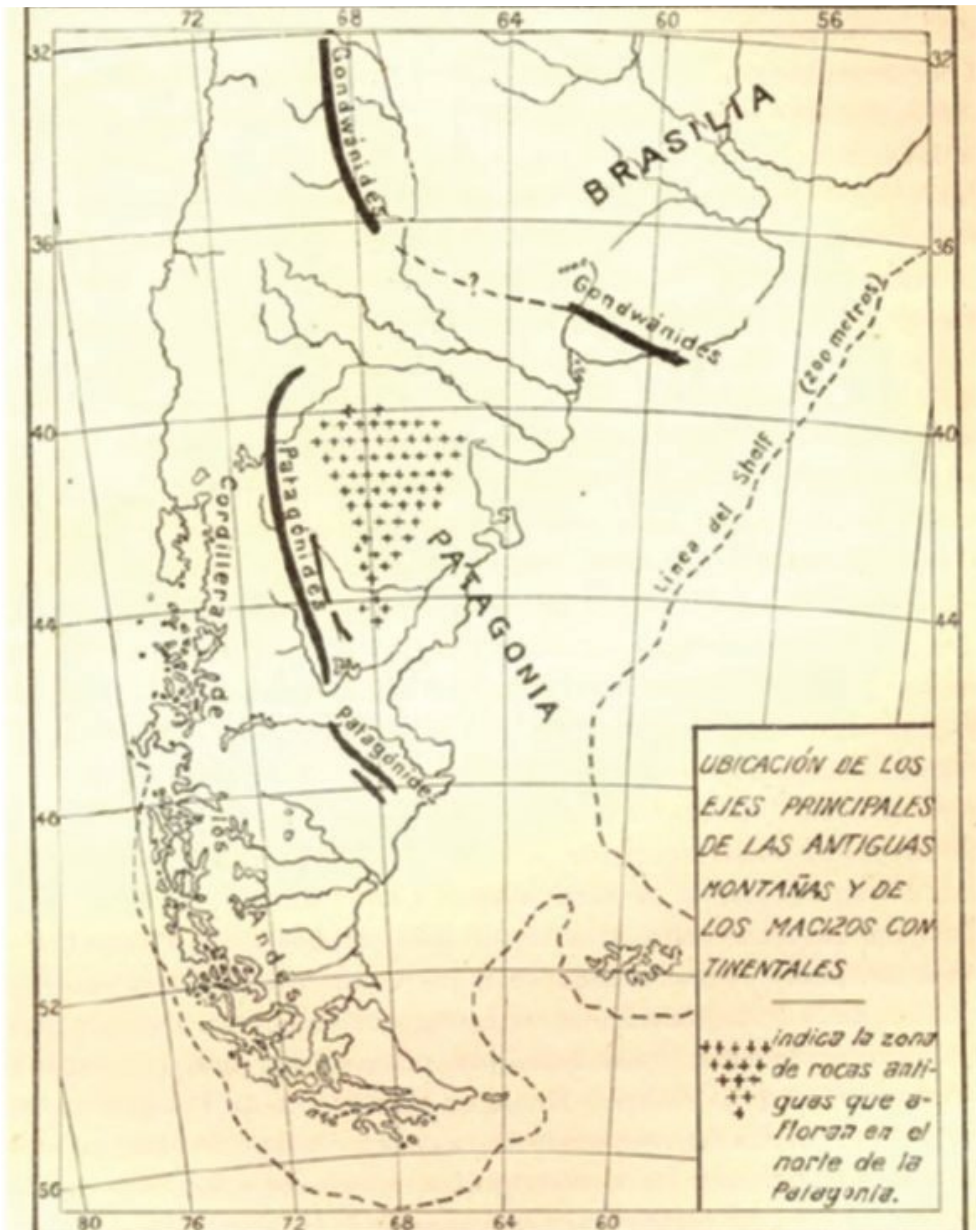
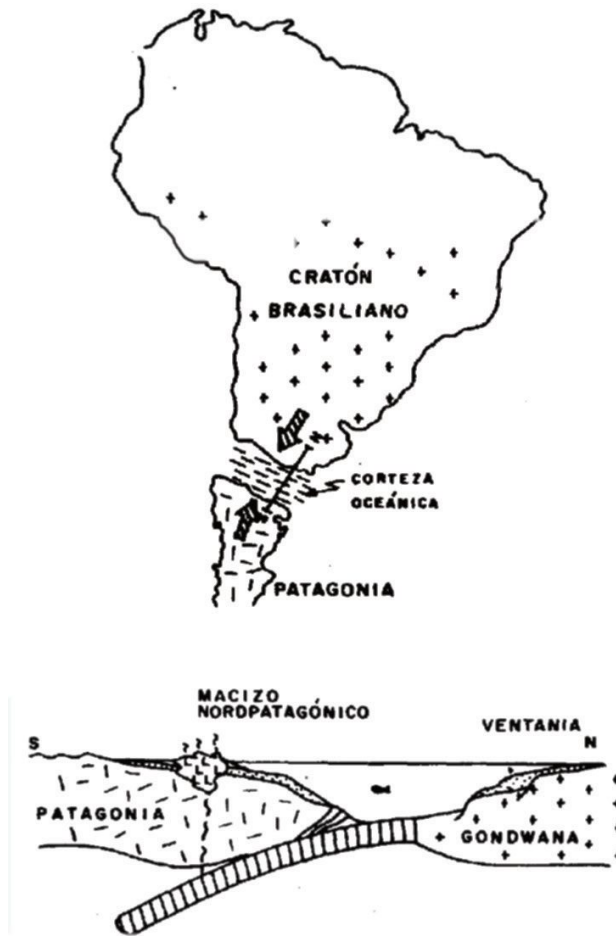


Figura 3: Mapa original de Windhausen donde describe la cicatriz de los Gondwánides que marcaba la zona de soldadura entre dos continentes independientes, Brasilia al norte y Patagonia al sur (Windhausen, 1924).

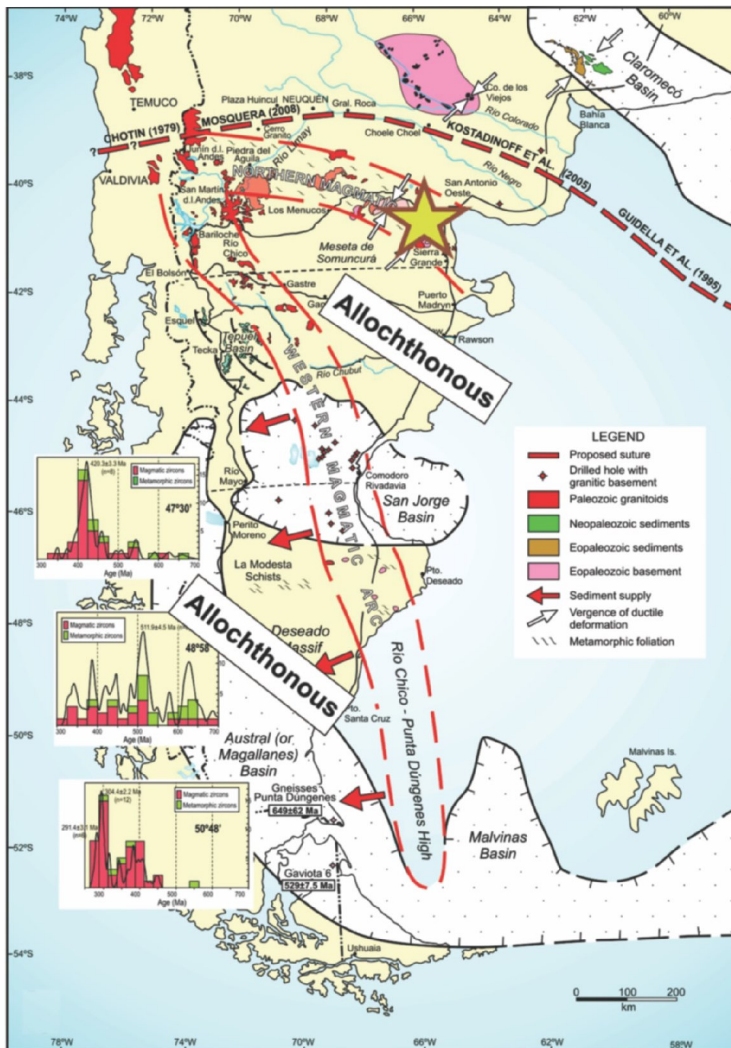
El impacto de esa publicación en las actas de un congreso local ha sido muy alto. Pocas veces ocurre que una cosa tan precariamente publicada (Fig.4), originara décadas de discusiones, análisis estructurales, nuevos datos isotópicos, estudios geoquímicos y geofísicos, estudios paleontológicos, y de todo tipo. Esta hipótesis ha mantenido por varias décadas programas de investigación nacionales e internacionales en pro y en contra de la propuesta.



**Figura 4:** Interpretación tectónica esquemática que interpretaba la colisión de Patagonia, un margen activo con un arco magmático, contra el continente sudamericano mediante una subducción hacia el sur y desarrollo de corteza oceánica (Ramos, 1984).



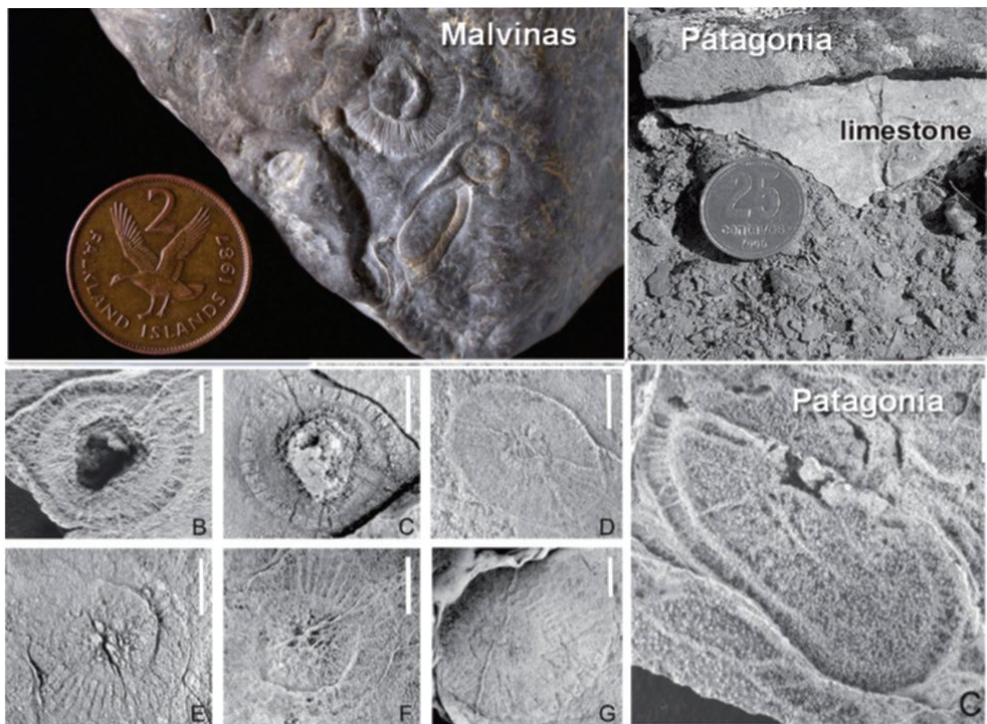
¿Qué se puede decir hoy día de esa hipótesis? En primer lugar, que el hallazgo de arqueociátidos en el norte de la Patagonia, brindó una prueba más de su aloctonía (González et al., 2011). Este grupo de fósiles cámbricos extinguidos, que tiene afinidades con las esponjas de mar, son excelentes fósiles guías en los continentes australes como Antártida y Nueva Zelanda, e indican una edad de  $\pm 530$  Ma. A pesar de que durante años se los ha buscado en otras regiones de Argentina, sólo se hallaron en las proximidades de Sierra Grande en Río Negro. Es interesante destacar que el otro lugar donde se han encontrado es en las Islas Malvinas (Fig. 5).



**Figura 5:** Mapa con el estado actual del conocimiento de la Patagonia con indicación de la localidad donde se hallaron los arqueociátidos (estrella amarilla) según Ramos et al. (2020).

Este hallazgo de arqueociátidos no sólo permite datar los depósitos donde se los encuentra, sino que corrobora su correlación con el continente antártico. Estos fósiles proceden de las Calizas Shakleton, una plataforma carbonática desarrollada todo a lo largo de la Antártida Oriental (Ramos y Naipauer, 2014). En las Islas Malvinas han sido encontrados en depósitos glaciares (Fig. 6), similares a los que se observan en la Sierra de la Ventana.

Si bien no hay acuerdo absoluto sobre los procesos involucrados en la acreción de la Patagonia, cada día hay más consenso en que no fue parte de América del Sur y que ha colisionado en el Pérmico, como había sido postulado originalmente por Windhausen (1924).



**Figura 6:** Arqueociátidos procedentes de la Antártida Oriental hallados en las Malvinas y en la región norte de la Patagonia que muestran las afinidades australes de la Patagonia (Stone, 2011; González et al, 2011).

## CONSIDERACIONES FINALES

En esta breve síntesis hemos tratado de exponer las características que llevaron a la Patagonia a ser considerada una tierra misteriosa, inhóspita, llena de historias e interpretaciones exóticas, que le brindan el encanto actual a propios y extraños. Desde tierra maldita por la esterilidad a una región rica de recursos naturales, desde sus yacimientos de hidrocarburos, hasta los importantes yacimientos de oro epitermal que le fueron esquivos a Simón de Alcazaba y Sotomayor. Todavía sigue llena de misterios. Las investigaciones geológicas realizadas siguen con mucho vigor ante nuevas hipótesis y evidencias que abren un interesante futuro, no solo para el sector de tierra firme, sino para su extensa plataforma continental, con un fuerte potencial de hidrocarburos, que complementen sus importantes recursos pesqueros.

## REFERENCIAS

Alemán, J. C. (1969). La primera exploración de Chubut. Simón de Alcazaba. Junta de estudios históricos del Chubut, Cuadernos de Historia del Chubut, 2.

Darwin, C. (1838). Journal of Research into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyage of the H. M. S. Beagle around the world. 512 pp., John Murray, London.

Falkner, T. (1774). A description of Patagonia and the Adjoining Parts of South America. Traducción al castellano en: Biblioteca Centenario, Universidad Nacional de La Plata 1: 17-126. Buenos Aires.

Furlong, G. (1943). Entre los tehuelches de la Patagonia. Talleres Gráficos San Pablo, 194 p., Buenos Aires.

Ghiglione, M. C. (2016). An Introduction to the Geodynamic Evolution of the Southernmost Andes: Connections with the Scotia Arc. Springer Book, 206 p.

González, P. D., Tortello, F., y Damborenea, S. (2011). Early Cambrian archaeocyathan limestone blocks in low-grade metaconglomerate from El Jagüelito Formation (Sierra Grande, Río Negro, Argentina). *Geologica Acta*, 9, 159–173.

Irarrázaval Larrain, J. M. (1966). La Patagonia, Errores geográficos y diplomáticos. En *Historia de las relaciones internacionales de Chile*, Editorial Andrés Bello, 205 p., Santiago.

Moreno, F. P. (1879). Viaje a la Patagonia Austral, emprendido bajo los auspicios del Gobierno Nacional 1876-1877. Tomo I, 460 p., Buenos Aires.

Moreno, F. P. (1882). Patagonia resto de un antiguo continente hoy sumergido. Sociedad Científica Argentina, Anales 14: 97-131.

Musters, G. C. (1871). At home with the Patagonians: a year's wanderings over untrodden ground from the Straits of Magellan to the Rio Negro. John Murray, 322 p., London.

Premoli, A. C., Mathiasen, P., Acosta, M. C. y Ramos, V. A. (2012). Phylogeographically concordant cpDNA divergence in sympatric *Nothofagus* s. s. How deep can it be? *New Phytologist* 193(1): 261-275.

Ramos, V. A. (1984). Patagonia: ¿Un continente paleozoico a la deriva? IX° Congreso Geológico Argentino (S.C. Bariloche), Actas II:311-325.

Ramos, V. A. y Naipauer, M. (2014). Patagonia: Where does it come from? *Journal of Iberian Geology* 40(2): 367-379.

Ramos, V. A., Lovecchio, P., Naipauer, M. y Pángaro, F. (2020). The collision of Patagonia: Geological facts and speculative interpretations. *Ameghiniana* 57(5), 464-479.

Riccardi, A. C. (2017). Semblanza de Francisco Pascasio Moreno. *Revista Museo de la Plata* 29: 13- 22, La Plata.

Stone, P. (2011). Borehole core recovered from the late Carboniferous to early Permian Fitzroy Tillite and Port Sussex formations, Falkland Islands: geological background and sample details. *British Geological Survey, Marine Geoscience Programme, Open Report OR/11/028*, 27 p.

Windhausen, A. (1924). El Nacimiento de la Patagonia. *Diario del Plata* el 9 de Julio de 1924, Buenos Aires.

## Notas

- 1) Alemán, J.C. 1969.
- 2) Furlong, 1943.
- 3) Cardiel en Furlong, 1943.

4) Véanse detalles en Irarrázaval Larrain, 1966.

5) Riccardi, 2017.

6) Moreno, 1879, 1882

7) Premoli et al., 2012.

8) Ghiglione, 2016.



## CAPÍTULO 6

### Horacio H. Camacho y su contribución al conocimiento de los moluscos fósiles de la Patagonia

**Claudia Julia del Río**

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia.-CONICET

claudiajdelrio@gmail.com

**Palabras clave:** *Paleontología, moluscos, Cenozoico, sistemática, paleogeografía, transgresiones marinas, Patagonia.*

**Keywords:** *Paleontology, mollusks, Cenozoic, systematic, paleogeography, marine transgressions, Patagonia.*

109

#### Resumen

Se presenta un resumen del trabajo científico desarrollado durante 70 años por el Dr Horacio H. Camacho en la Patagonia . El Dr. H. Camacho, profesor de la Universidad de Buenos Aires, llevó adelante estudios pioneros de la fauna de moluscos contenida en las rocas sedimentarias depositadas por el mar a lo largo de los últimos 65 millones de años. Centró sus estudios en la paleontología sistemática y su aplicación en la resolución de problemas paleogeográficos y bioestratigráficos.

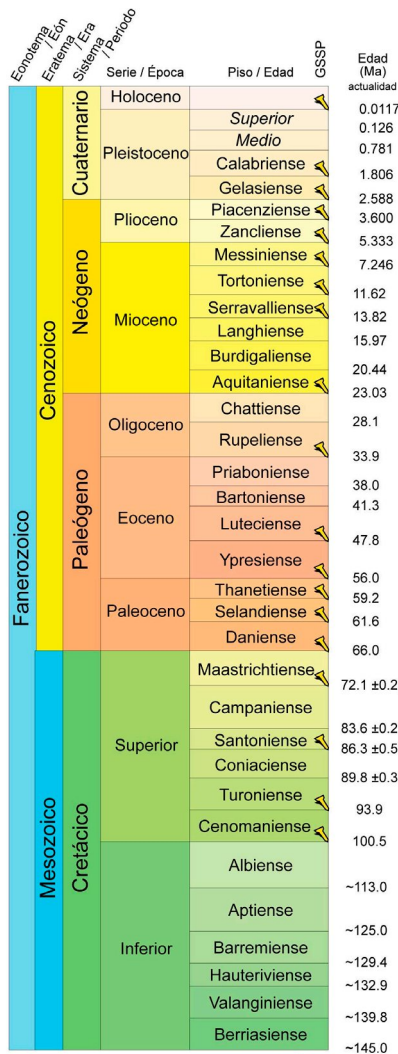
#### Abstract

#### Horacio H. Camacho and his contribution to knowledge of the fossil mollusks of Patagonia

A summary of the scientific research in Patagonia conducted by Dr. Horacio H. Camacho during 70 years is performed herein. Dr. H. Camacho, professor of the University of

Buenos Aires, carried out pioneer studies dealing with Cenozoic molluscan faunas contained in the sedimentary rocks deposited by the sea during the last 65 million years. He focused his studies on systematic paleontology and its application in solving paleogeographic and biostratigraphic issues

El Profesor Emérito Dr. Horacio H. Camacho constituyó un ícono de la Paleontología de Invertebrados de la República Argentina y su intensa labor docente y de investigación trascendió las fronteras de nuestro país. Su activa participación durante 70 años en el terreno de esta disciplina se distinguió por sus novedosos



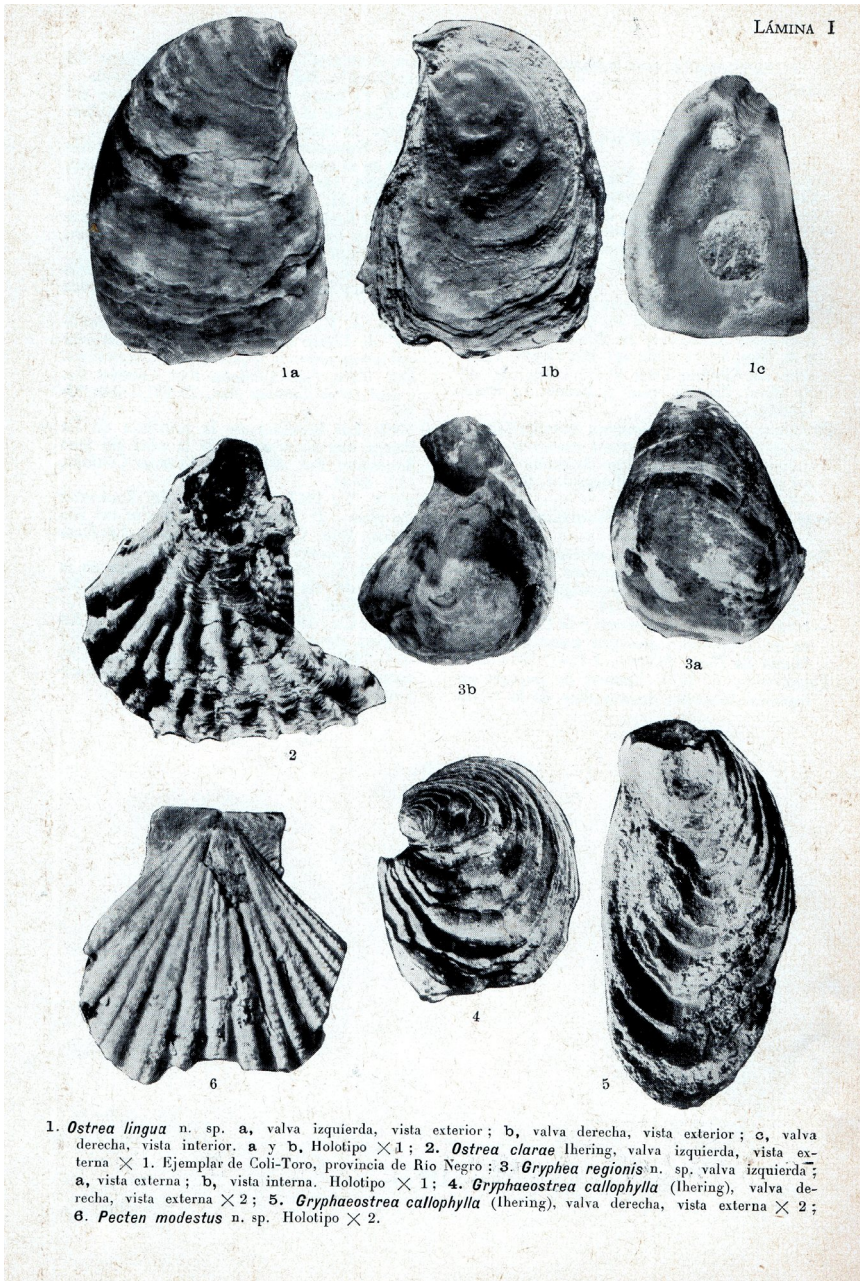
**Figura 1:** División del tiempo geológico durante los últimos 70 millones de años de la historia de nuestro planeta. (Tabla Cronoestratigráfica Internacional diseñada por K.M. Cohen, S.C Finney y P.L. Gibbard, enero 2013; IUGS).

aportes para la época, centrados en el análisis de los fósiles y de las rocas patagónicas que fueran depositadas por el mar durante los últimos 70 millones de años (Cretácico Tardío-Cenozoico) (Figura 1).

H. Camacho obtuvo el título de doctor en Ciencias Naturales en el año 1948 otorgado por la Universidad de Buenos Aires, y su trabajo de investigación titulado "*Geología de la Cuenca del Lago Fagnano o Khami, Gobernación Marítima de Tierra del Fuego*" resultó ser la primera tesis de doctorado efectuada en la Provincia de Tierra del Fuego. Fue durante su desarrollo cuando descubrió la importancia que revestían los fósiles para lograr una correcta interpretación del orden temporal en el que las capas sedimentarias que los contenían se habrían ido depositando por acción del mar. De esta tesis resultó la primera descripción de 61 especies de invertebrados de la región, entre las cuales se encontraban 36 moluscos y el novedoso hallazgo de la primera ofiura fósil de la Argentina. Estos fósiles le permitieron efectuar la división de las capas sedimentarias y atribuirles sus respectivas edades. A partir de ese momento extendió el análisis de las faunas de moluscos a aquellas contenidas en las sedimentitas patagónicas, pero su interés en las mismas no se limitó a la clasificación sistemática de sus componentes, sino que en todo momento enfatizó su aplicación en la resolución de problemas estratigráficos, bioestratigráficos y paleogeográficos.

Los moluscos fósiles patagónicos habían sido mencionados por primera vez por Sowerby (1846) quien describiera algunas pocas especies colectadas por Ch Darwin durante su viaje expedicionario a bordo del H.M.S Beagle. Luego, hubo que esperar hasta que en 1907, Herman von Ihering, un naturalista alemán del Museo Paulista (Brasil), nos proveyera de una revisión global de los mismos, describiendo más de un centenar de taxones, demostrando la importancia que tendrían en la reconstrucción de la historia geológica de la región. A pesar de la relevancia que se sabía tenían estos fósiles dada su diversidad, excelente preservación, abundancia y extensa distribución a lo largo de los acantilados patagónicos, transcurrieron casi 50 años desde aquellas revisiones de principio de siglo, para que el valor de los mismos fuera rescatado del olvido. H. Camacho fue el protagonista de la recuperación de su significado y de su puesta en un contexto geológico, regalándonos 69 trabajos de investigación inéditos referidos a este tema y publicados en revistas nacionales e internacionales.

Durante las dos primeras décadas de su carrera como investigador se centró principalmente en el estudio de las faunas más antiguas, correspondientes al Cretácico Tardío y Paleoceno de Tierra del Fuego (Camacho, 1949; 1957; Furque & Camacho, 1949) y de las provincias de Neuquén, Mendoza y Chubut, las que sólo habían sido mencionadas previamente por otros autores a modo de listados (Camacho, 1967a; 1968; 1969; 1970) (Figura 2). Una de sus contribuciones al respecto fue descubrir que no se trataba de una única asociación como se creía hasta entonces, sino de dos faunas que habrían vivido en el Maastrichtiano y en el Paleoceno respectivamente, avisorando así una temática que sería motivo de larguísimas y enriquecedoras discusiones muchas décadas más tarde: el análisis de las faunas del límite K/T (Cretácico-Terciario).

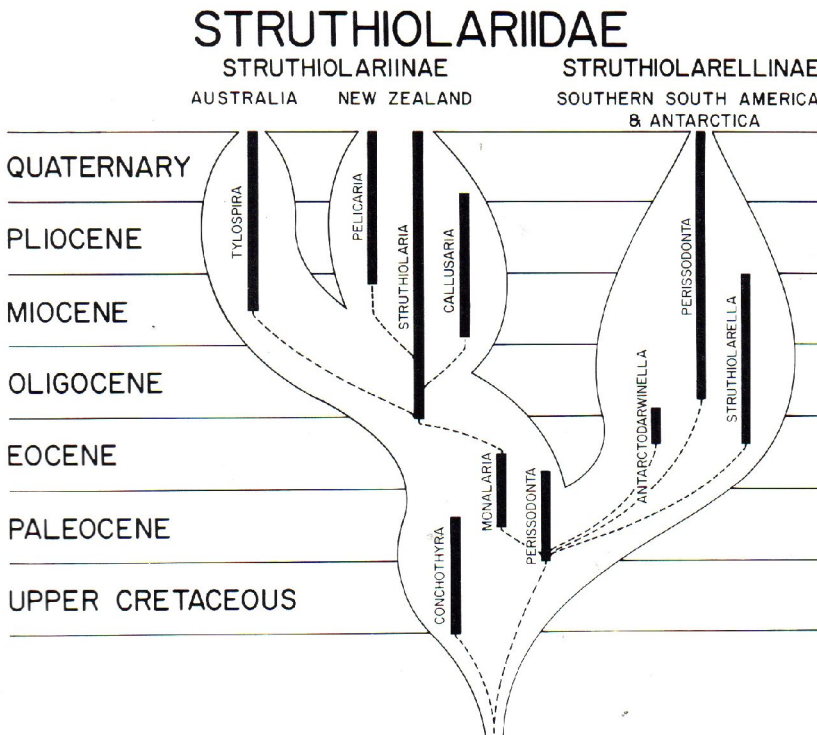


**Figura 2:** Asociación de moluscos del intervalo Cretácico-Paleoceno de la Provincia del Neuquén. Láminas originales del trabajo “Acerca de la megafauna del Cretácico Superior de Huantraico, Provincia del Neuquén (Argentina)”. Ameghiniana. 5(9): 321-329. H. H. Camacho (1968).



En años subsiguientes incorporó a sus estudios, moluscos más jóvenes con edades comprendidas entre los 56-11 millones de años (ma) (Eoceno- Mioceno medio), hallando faunas novedosas en la Provincia de Río Negro, tales como las presentes en el Bajo del Gualicho y en el área comprendida entre Colonia Catriel y Vaca Mahuida (Uliana & Camacho, 1975; Camacho, 1987). También describió e ilustró por primera vez asociaciones que habían sido sólo parcialmente mencionadas en confusos listados de trabajos geológicos, incluyendo las colectadas por él mismo en el sudoeste de la provincia de Santa Cruz, entre el Lago Pueyrredón por el norte y el río Coyle por el sur (Chiesa, Parma, & Camacho, 1995; Camacho, Chiesa, Parma & del Río, 2000; Camacho, Chiesa, Parma & Reichler, 2000), las contenidas en los acantilados patagónicos de Santa Cruz y Chubut (del Río y Camacho, 1996; 1998) y las procedentes del río Foyel (Provincia de Río Negro) (Chiesa y Camacho, 2001).

A estos estudios totalmente pioneros, se sumaron revisiones de grupos taxonómicos particulares tales como la de los gastrópodos aporríidos y struthioláridos, en base a los cuales H. Camacho ensayó los primeros análisis filogenéticos de moluscos sudamericanos (Camacho, 1953; Zinsmeister y Camacho, 1980; Camacho y Zinsmeister, 1989). Demostró que los aporríidos del hemisferio



**Figura 3:** Uno de los primeros análisis "filogenéticos" de moluscos sudamericanos. (tomado de Zinsmeister y Camacho, 1980).



sur no estaban vinculados con los del hemisferio norte como se pensaba y que en cambio estarían representados por algunos géneros endémicos y por otros estrechamente vinculados con los porrríidos contemporáneos de Nueva Zelanda. Mediante el estudio de los struthioláridos obtuvo resultados similares demostrando que se trataría de un grupo restringido al hemisferio sur y que hace unos 50 millones de años se habría generado un conjunto antártico-patagónico y otro australiano-neozelandeses que, excepto por su origen en un antecesor común, no tendrían ninguna relación entre sí (Figura 3).

La continua revisión de estas faunas demostró que su grado de endemismo durante los últimos 70 ma era mayor que el supuesto hasta ese momento, a la vez que habrían estado vinculadas en un grado variable a lo largo del tiempo geológico con los moluscos antárticos y neozelandeses. Como resultado de sus estudios creó la Subfamilia Struthiolarellinae Zinsmeister & Camacho 1980 y numerosos géneros y especies nuevas para la ciencia (Cuadros 1 y 2).

**Cuadro 1:** *H. H. Camacho y sus colaboradores erigieron 10 géneros de moluscos nuevos para la ciencia.*

<i>Austrophaera</i> Camacho, 1949
<i>Protohemichenopus</i> Camacho, 1953
<i>Charenopus</i> Camacho, 1953
<i>Macrotrigonia</i> Camacho & Olivero, 1985
<i>Austroimbricaria</i> Olivera & Camacho, 1990
<i>Austroproconulus</i> Reichler & Camacho, 1994
<i>Patagumbonium</i> Reichler & Camacho, 1994
<i>Ortmannia</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Iheringinucula</i> del Río & Camacho, 1996
<i>Monteleonia</i> del Río & Camacho, 1998

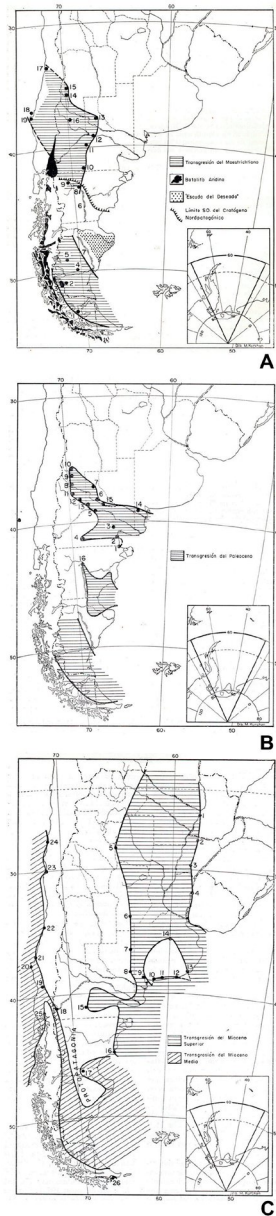
**Cuadro 2: Las 62 especies nuevas creadas por H.H. Camacho y colaboradores.**

<i>Nucula truncata</i> Camacho, 1949	<i>Neilo doellojuradoi</i> Mal., Camacho & Gorroño, 1978
<i>Venus poliocarpiana</i> Camacho, 1949	<i>Cuccullona fueguensis</i> Mal., Camacho & Gorroño, 1978
<i>Meretrix pigmaea</i> Camacho, 1949	<i>Struthiolarella shackletoni</i> Zinsmeister & Camacho, 1980
<i>Malletia furquensis</i> Camacho, 1949	<i>Macrotrigonia katterfeldensis</i> Camacho & Olivero, 1985
<i>Austrophaera glabra</i> Camacho, 1949	<i>Macrotrigonia posadensis</i> Camacho & Olivero, 1985
<i>Perissoptera carinata</i> Camacho, 1949	<i>Macrotrigonia maxima</i> Camacho & Olivero, 1985
<i>Panope princeptoniana</i> Camacho, 1949	<i>Macrotrigonia katterfeldensis</i> Camacho & Olivero, 1985
<i>Tubulostium andinum</i> Camacho, 1949	<i>Antarctodarwinella iheringi</i> Camacho & Zinsmeister, 1989
<i>Aucellina richteri</i> Camacho, 1949	<i>Struthiolarella cuevensis</i> Camacho & Zinsmeister, 1989
<i>Struthioptera pastorei</i> Camacho, 1953	<i>Struthiolarella patagonensis</i> Camacho & Zinsmeister, 1989
<i>Protohemichenopus neuquensis</i> Camacho, 1953	<i>Panopea arroyoensis</i> Buatois & Camacho, 1993
<i>Gyroidinoides patagonicus</i> Camacho 1954	<i>Aporrhais asturianaensis</i> Buatois & Camacho, 1993
<i>Lenticulina rivadaviensis</i> Camacho, 1954	<i>Dimorphotectus gallardoensis</i> Reichler & Camacho, 1994
<i>Buliminella isabelliana</i> Camacho, 1954	<i>Austroproconulus neuquensis</i> Reichler & Camacho, 1994
<i>Malletia leanzai</i> Camacho, 1957	<i>Patagumbonium australis</i> Reichler & Camacho, 1994
<i>Crassatellites iheringi</i> Camacho, 1957	<i>Pectunculina patagoniensis</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Panope fuenguensis</i> Camacho, 1957	<i>Brachidontes ortmanni</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Venus arroyoensis</i> Camacho, 1957	<i>Dinoficus posadesensis</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Cardium tuba</i> Camacho, 1957	<i>Pseudofax solitaria</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Cardium rudis</i> Camacho, 1957	<i>Proscaphella santacruzensis</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Inoceramus lateris</i> García & Camacho, 1965	<i>Ortmannia ortmanni</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Pholadomya leanzai</i> García & Camacho, 1965	<i>Actaeon bajoensis</i> Chiesa, Parma & Camacho, 1995
<i>Turritella donarium</i> García & Camacho, 1965	<i>Iheringinucla crassirugata</i> del Río & Camacho, 1996
<i>Ostrea lingua</i> Camacho, 1968	<i>Monteleonia plana</i> del Río & Camacho, 1998
<i>Gryphaea regionis</i> Camacho, 1968	<i>Lamellinucla lunulae</i> del Río & Camacho, 1998
<i>Pecten modestus</i> Camacho, 1968	<i>Glycymeris pseudocuevensis</i> del Río & Camacho, 1998
<i>Limatula angusta</i> Camacho, 1968	<i>Arca puntaensis</i> del Río & Camacho, 1998
<i>Inoceramus mehanquilensis</i> Camacho, 1969	<i>Fusinus patagoniensis</i> Chiesa & Camacho, 2001
<i>Diplodon glaucius</i> Camacho, 1975	<i>Neilo biradiata</i> Chiesa & Camacho, 2001
<i>Turritella rustica</i> Camacho, 1975	<i>Panopea zinsmeisteri</i> Chiesa & Camacho, 2001
<i>Leionucla grandis</i> Mal., Camacho & Gorroño, 1978	<i>Adelomelon valdesiense</i> Scarabino, et al. 2004

Como ya se mencionó, los intereses de H. Camacho en estas faunas marinas se extendieron a la resolución de otros interrogantes. Uno de ellos consistía en conocer cómo se habría ido modificando la geografía del sur de la Argentina a lo largo del tiempo geológico, a raíz de los sucesivos avances (transgresiones) y retrocesos (regresiones) del mar sobre la Patagonia. Estas transgresiones cubrieron áreas de diversa extensión cada vez que se producían y el hallazgo de fósiles marinos en el interior de nuestro país asiste a la reconstrucción de la orilla de ese mar, así como la edad de los mismos permite conocer el momento en el que ocurrió dicha transgresión marina. Al respecto, debe ser destacada su obra pionera de 1967b, en la que reunió en forma magistral estudios propios y de sus alumnos, quienes, a instancias suyas, se encontraban iniciando los primeros estudios micropaleontológicos de la Argentina. Basado en la ubicación geográfica de los moluscos y microfósiles marinos, proveyó las primeras reconstrucciones paleogeográficas del mar durante los últimos 70 ma (Figura 4), justificó con argumentos novedosos para la época que hacia fines del Cretácico la pendiente del territorio patagónico se habría invertido hacia el océano Atlántico, y que la paleogeografía del mar en ese momento y a principio del Terciario habría sido diferente, demostrando la importancia que tenían las novedosas faunas de microfósiles en esta reconstrucción. Además, comparó por primera vez y con argumentos consistentes, los sedimentos depositados en Tierra del Fuego con los del sur de la provincia de Santa Cruz correspondientes a la cuenca Austral y entre ésta y las cuencas sedimentarias chilenas. Los resultados de este análisis constituyeron una verdadera plataforma de información sobre la que se basaron autores más jóvenes para producir una treintena de publicaciones en las décadas subsiguientes quienes, tal como corresponde a la evolución del conocimiento científico, afirmaron, negaron o ampliaron sus conclusiones con nueva información, creando de esta forma, nuevas hipótesis de trabajo.

La importancia que revestía para H. Camacho la Paleontología, quedó demostrada al constituirse en uno de los socios fundadores de la Asociación Paleontológica Argentina (1956), siendo uno de los impulsores de la idea que la República Argentina debía tener una institución que nucleara a los paleontólogos para que éstos compartieran sus investigaciones y las publicaran en la *Ameghiniana*, la revista de la asociación.

El respeto y admiración que le tenían sus colegas, está probado por numerosas especies de moluscos, granos de polen, ostrácodos y foraminíferos que llevan su nombre (Cuadro 3). El placer que sentía por la docencia, ejercida a lo largo de 65 años ininterrumpidos en el Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad de Buenos Aires), y su empeño por extender el conocimiento de la paleontología entre los estudiantes, lo llevó a dirigir 23 tesis de grado y 12 de posgrado dedicadas a la estratigrafía, micropaleontología y paleontología de los moluscos cenozoicos de la región patagónica. Como consecuencia de esa labor, y como pretende mostrarlo la Figura 5, hoy se encuentran numerosas investigadores formados y casi una docena de doctorandos avanzados trabajando en las líneas de estudios creadas por él en la Argentina.



**Figura 4:** Paleogeografía de la Patagonia durante los últimos 72 ma. Prosiguiendo con su interés geológico y paleontológico, proveyó algunas de las primeras reconstrucciones del mar patagónico en distintos momentos del Cenozoico. A- área cubierta por el mar durante el Maastrichtiano (entre los 72 y 66 millones de años); B- área cubierta por el mar durante el Paleoceno (entre los 66 y 56 millones de años) (tomado de Camacho, 1967); C- área cubierta por el mar durante el Mioceno medio (entre los 16 y 11,6 millones de años) y el Mioceno tardío (entre los 11,6 y 5,3 millones de años).

**Cuadro 3:** Diecisiete taxones aluden al nombre del profesor y doctor eméritos Horacio H. Camacho.

<i>Venericardia camachoi</i> Rossi de García, 1959
<i>Gavellinella camachoi</i> (Bertels, 1964)
<i>Cyprideis camachoi</i> Rossi de García, 1966
<i>Cimomia camachoi</i> Masiuk, 1967
<i>Docidoceras camachoi</i> Westermann, 1969
<i>Nuculopsis (Nuculanella) camachoi</i> González, 1972
<i>Retidiporites camachoi</i> Archangelsky 1973
<i>Struthioptera camachoi</i> Zinsmeister, 1977
<i>Receptaculites camacho</i> Nitecki, 1978
<i>Gouldia camachoi</i> Farinati 1985
<i>Valdesia camachoi</i> del Río, 1985
<i>Scaphorella camachoi</i> Leanza, 1993
<i>Pododesmus camachoi</i> del Río & Martínez, 1998
<i>Trophon camachoi</i> Griffin & Pastorino, 2005
<i>Pachycymbiola camachoi</i> del Río & Martínez, 2006
<i>Ameghinomya camachoi</i> Perez & del Río, 2013
<i>Vacunella camachoi</i> Rocha-Campos & Carvalho

## Referencias

Camacho H. H. (1949) La fáunula cretácica del Hito XIX, Tierra del Fuego. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 4: 249- 254.

Camacho H. H. (1953) Algunas consideraciones sobre los Aporrhaidae fósiles argentinos. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 8: 183-194.

Camacho H. H. (1957) Descripción de una fauna marina paleocena procedente de Tierra del Fuego. Ameghiniana. 1: 96-100.

Camacho H. H. (1967a) Consideraciones sobre una fauna del Cretácico superior (Maestrichtiano) del Paso del Sapo, curso medio del río Chubut. Ameghiniana. 5: 131-134.

Camacho H. H. (1967b) Las transgresiones del Cretácico superior y Terciario de la Argentina Re- vista de la Asociación Geológica Argentina. 22: 253-280.



Camacho H. H. (1968) Acerca de la megafauna del Cretácico superior de Huantraicó Provincia del Neuquén (Argentina). *Ameghiniana*. 5: 321-332  
 Camacho H. H. (1969) Nota sobre fósiles del Cretácico superior de Mechanquil, Provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*. 6: 219-222.

Camacho H. H. (1970) Nuevos fósiles del Cretácico superior (Maestrichtiano) del Departamento Malargüe, Provincia de Mendoza, Argentina. *Ameghiniana*. 7: 329-334.

Camacho H. H. (1987) Una asociación novedosa de moluscos terciarios del Gran Bajo del Gualicho, Provincia de Río Negro. *Patagonia, Comunicaciones de la Asociación Paleontológica de Bariloche*. 3: 3-9.

Camacho H. H. (1996) *Iheringinucla*, a new genus of the Family Nuculidae (Mollusca: Bivalvia) from the Tertiary of Patagonia, Argentina. *Journal of Paleontology*. 70: 935-940.

Camacho H. H., Zinsmeister W. J. (1989) La Familia Struthiolariidae Fischer, 1884 (Mollusca: Gastrópoda) y sus representantes del Terciario patagónico. 4<sup>º</sup> Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía. (Mendoza, 1986), *Actas*. 4: 99-108.

Camacho H. H., Chiesa, J. O., Parma, S. G., Reichler, V. (2000) Invertebrados marinos de la Formación Man Aike (Eoceno Medio), Provincia de Santa Cruz, Argentina. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias*. Córdoba, Tomo 64: 187-208. Córdoba.

Camacho, H. H., Chiesa, J. O., Parma, S. G., del Río C. J. (2000). Invertebrados marinos eocenos. Horacio H. Camacho y su contribución al conocimiento de los moluscos fósiles de la Patagonia 25 de los cerros Palique y Castillo, sudoeste de la Provincia de Santa Cruz, Argentina. *Ameghiniana* 37: 59-72.

Chiesa, J. O., Parma, S. G., Camacho H. H. (1995) Observaciones estratigráficas en el Paleógeno del Noroeste de la Provincia de Santa Cruz (República Argentina). Parte II: Invertebrados marinos de la Formación El Chacay (Eoceno), provincia de Santa Cruz, Argentina. *Sistemática y bioestratigrafía. Monografías de la Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 11: 17-68.

Chiesa, J. O., Camacho H. H. (2001) Invertebrados marinos eocenos de la parte inferior de la Formación Río Foyel, Provincia de Río Negro, Argentina. *Revista Española de Paleontología*. 16: 299- 316.

Furque G., Camacho H. H. (1949) El Cretácico superior de la costa atlántica de Tierra del Fuego. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 4: 264-297.

del Río C. J., Camacho H. H. (1996) *Iheringinucula*, a new genus of the Family Nuculidae (Mollusca: Bivalvia) from the Tertiary of Patagonia, Argentina. *Journal of Paleontology*. 70: 935-940.

del Río C. J., Camacho H. H. (1998) Tertiary Nuculoids and Arcoids of Eastern Patagonia (Argentina). *Palaeontographica Abt. A. Bd.* 250: 47-88.

Uliana M. A., Camacho H. H. (1975) Estratigrafía y paleontología de la Formación Vaca Mahúida, Provincia de Río Negro. 1º Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía (Tucumán, 1974), *Actas.* 2: 357-376.

Zinsmeister W. J., Camacho H. H. (1980) Late Eocene Struthiolaridae (Mollusca: Gastropoda) from Seymour Island, Antarctic Peninsula and their significance to the Southern Hemisphere. *Journal of Paleontology*. 54: 1-14.

## CAPÍTULO 7

# Dinosaurios de la Patagonia: descubrimientos, actividades y perspectivas

**Fernando Emilio Novas<sup>1,\*</sup> y Leonardo Salgado<sup>2</sup>**

1 Laboratorio de Anatomía Comparada y Evolución de los Vertebrados  
(LACEV).

Museo Argentino de Ciencias Naturales. CONICET.

2 Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología. Universidad  
Nacional de Río Negro, CONICET.

\* fernovas@yahoo.com.ar

**Palabras clave:** *Paleontología, Mesozoico, Dinosaurios, Patagonia.*

**Keywords:** *Paleontology, Mesozoic, Dinosaurs, Patagonia.*

## Resumen

Desde hace más de cien años y por distintas razones, los dinosaurios suscitan un gran interés por parte no solo de los especialistas en paleontología sino del público en general. La Patagonia posee un registro de dinosaurios muy diverso, el cual comprende casi la totalidad de la historia evolutiva del grupo, desde el Triásico hasta el Cretácico, momento en el que casi todos los dinosaurios desaparecen de la faz del planeta. En este trabajo se repasa el registro de los dinosaurios patagónicos, destacándose las principales líneas de investigación y los temas en que más ha avanzado el conocimiento en los últimos años, a la vez que se señalan las perspectivas a futuro de la dinosauriología argentina.

## Abstract

### Dinosaurs of Patagonia: discoveries, activities and perspectives

For more than a hundred years and for different reasons, dinosaurs have aroused great interest not only from specialists in paleontology but also from the general public. Patagonia has a very diverse dinosaur record, which comprises almost the entire evolutionary history of the group, from the Triassic to the Cretaceous, when almost all dinosaurs disappear from the face of the planet. This paper reviews the record of Patagonian dinosaurs, highlighting the main lines of research and topics in which knowledge has advanced the most in recent years, while pointing out the future prospects of Argentine dinosaurology.

## INTRODUCCION

La Patagonia es famosa a nivel mundial por su enorme riqueza paleontológica, la cual comenzó a ser develada cuando Charles Darwin colectó, en 1833, restos de mamíferos extinguidos en las costas de lo que hoy es la provincia de Santa Cruz. De allí en más, una vasta variedad de organismos fosilizados fueron descubiertos en rocas de diversas edades, desde invertebrados del Cámbrico, con una antigüedad de más de 520 millones de años, hasta girones de cuero con pelos pertenecientes a perezosos gigantes de 10.000 años de antigüedad, incluyendo también ostras del tamaño de un plato que poblaron los mares cálidos que cubrieron gran parte de la Patagonia 30 millones de años atrás.

Inspirados por Darwin, los naturalistas del Museo de La Plata Francisco Pasasio Moreno (1852-1919) y los hermanos Florentino (1853-1911) y Carlos Ameghino (1865-1935), hicieron formidables hallazgos de faunas de mamíferos completamente nuevas, fundamentalmente en rocas del Cenozoico, las cuales comprenden los últimos 66 millones de años de la historia del planeta. La paleontología no era, en la Argentina del siglo XIX, una ciencia más, sino la ciencia que cultivaron nuestros primeros científicos. La ciencia nació en nuestro país al calor del entusiasmo generado por la irrupción del darwinismo en todo el mundo, fundamentalmente de la mano de los hermanos Ameghino.

Las exploraciones llevadas a cabo a partir de 1890 en los territorios de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz develaron la existencia de restos pertenecientes a animales que superaban holgadamente el tamaño de otros fósiles descubiertos hasta ese entonces: se trataba de restos de dinosaurios, cuyos huesos enormes y pesados fueron trasladados a los centros científicos de La Plata y Buenos Aires. Sin ser un especialista en dinosaurios, Florentino Ameghino fue quien puso nombre a los primeros dinosaurios de América del Sur, realizando importantes estudios que permitieron revelar un potencial que 150 años después se vería plenamente confirmado (Coria y Salgado, 2000).

Los primeros fósiles de dinosaurios patagónicos en ser conocidos y estudiados proceden de los yacimientos cretácicos de Neuquén y Río Negro (Salgado, 2007). Esto no es casual, ya que las exposiciones de rocas cretácicas son las que predominan en el norte de Patagonia, región por la que entraron las tropas de Julio A. Roca a fines de la década de 1870. En tiempos de Ameghino y de Moreno los fósiles hallados en Patagonia eran trasladados a los centros de investigación de Buenos Aires y La Plata. Esta situación comenzó a cambiar recién a partir de 1940 con la creación de los primeros museos locales por parte de personas radicadas en Patagonia y apasionadas por coleccionar piezas históricas y prehistóricas. Un pionero en tal sentido fue Rodolfo Casamiquela (1932-2008), oriundo de Ingeniero Jacobacci, provincia de Río Negro, quien junto con su tío Jorge Gerhold crearon en 1944 el Museo de Ciencias Naturales que lleva el nombre de este último, y que atesora restos fósiles de esa región de la provincia.

En este desarrollo histórico de la paleontología de dinosaurios en Patagonia se destacan dos profesionales de enorme prestigio, el ya mencionado Rodolfo Casamiquela y el brillante investigador José F. Bonaparte (1928-2020). Ambos dejaron formidables obras descriptivas e interpretativas, como así también numerosos discípulos entre los que nos encontramos varios de los que actualmente nos dedicamos a cultivar esta ciencia. Casamiquela descubrió e interpretó los primeros restos de hadrosaurios conocidos para el hemisferio sur, postulando conexiones paleobiogeográficas entre ambas Américas para fines del Cretácico. A comienzos de la década de 1960 fue también protagonista de dos notables hallazgos en la provincia de Santa Cruz: en la Estancia El Tranquilo desenterró varios esqueletos de dinosaurios herbívoros emparentados con el sauropodomorfo *Plateosaurus* del Triásico europeo, y en cercanías del Bosque Petrificado de Jaramillo detectó la presencia de decenas de huellas de edad jurásica, pertenecientes a pequeños dinosaurios y mamíferos. Bonaparte, en tanto, causó una verdadera revolución mediante sus expediciones a diversas provincias argentinas, tanto de Patagonia como del oeste y del norte. Se lo ha denominado, y con razón, el “Maestro del Mesozoico”, habiendo sido él quien diera a conocer una larga lista de especies correspondientes a linajes tan dispares como anfibios, arcosaurios primitivos, dinosaurios, aves, sinápsidos basales, mamíferos, pterosaurios, etc., los cuales formaron parte de sucesivas faunas de vertebrados a lo largo de la toda la Era Mesozoica. Bonaparte brindó en sus publicaciones una visión integradora de la evolución de los vertebrados en el supercontinente de Gondwana. A mediados de la década de 1970 inició trabajos de exploración en la zona de Paso de Indios, en el centro de Chubut, descubriendo el fabuloso yacimiento de Cerro Cándor, que resguarda dinosaurios jurásicos emblemáticos como *Patagosaurus* y *Piatnitzkysaurus*. En el curso de la década de 1980 trabajó intensamente en diversas áreas patagónicas, incluyendo Bajada del Diablo (Chubut), de donde extrajo el increíble esqueleto de *Carnotaurus*; en la localidad de La Amarga (Neuquén), donde junto con su equipo descubrieron al saurópodo espinoso *Amargasaurus*; y en Los Alamitos (Río Negro), de donde desenterraron numerosos especímenes del dinosaurio hadrosaurio “*Kritosaurus*” *australis*. Lo formidable de su tarea exploratoria es que en las últimas dos loca-



lidades también descubrió abundantes restos de mamíferos cretácicos, completando un vacío de millones de años de la historia evolutiva de estos animales, y cuyo descubrimiento causó el asombro de afamados paleontólogos, como el estadounidense George G. Simpson (1902-1984) y la polaca Zofía Kielan Jaworowska (1925-2015). Así como Florentino Ameghino fue el gran constructor de la secuencia de faunas mamalianas del Cenozoico sudamericano, Bonaparte lo fue para la Era Mesozoica.

La tarea que llevaron adelante en Patagonia, Casamiquela primero y Bonaparte después, no debe ocultar la actividad de museos locales, cuya creación se debió puramente al enorme entusiasmo de algunos aficionados por los fósiles, cuya actividad desembocó en hallazgos de relevancia científica. Tal es el caso del carnívoro *Abelisaurus comahuensis*, cuyo cráneo fuera hallado por el Prof. Roberto Abel, fundador del Museo Carlos Ameghino de Cipolletti (Río Negro), y del *Austroraptor cabazai* cuyo hallazgo se produjo a instancias de la invitación que Héctor Cabaza, fundador del Museo Paleontológico de Lamarque (Río Negro), nos hiciera para explorar zonas fosilíferas de la provincia. También es digno decir que estos aficionados por los fósiles se anticiparon al surgimiento de centros universitarios vinculados a la temática. El crecimiento de la actividad profesional en las universidades tomó mayor ritmo a mediados de la década de 1980 con la conformación de grupos de trabajo en la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (Comodoro Rivadavia, Chubut), la Universidad Nacional del Comahue (en Neuquén), y más recientemente en la Universidad Nacional de Río Negro (en General Roca, Río Negro).

Entre los museos patagónicos que hoy brillan por sus colecciones de dinosaurios contamos al Museo Carmen Funes (Plaza Huinul, Neuquén), el Museo Ernesto Bachmann (El Chocón, Neuquén), el Museo Prof. Dr. Juan Olsacher (Zapala, Neuquén), el Museo Argentino Urquiza (Rincón de los Sauces, Neuquén), el Museo Carlos Ameghino (Cipolletti, Río Negro), el Museo Egidio Feruglio (Trelew, Chubut), el Museo Paleontológico de Lamarque, el Museo Padre Molina (Río Gallegos, Santa Cruz), y más recientemente, el llamado "Proyecto Dino", cuyas instalaciones se encuentran a orillas del Lago Barreales, en cercanías de Añelo (provincia de Neuquén).

Con el aumento de las actividades exploratorias, las respectivas provincias patagónicas comenzaron a desarrollar normas para la protección de sus respectivos patrimonios paleontológicos, y las secretarías de cultura comenzaron a participar activamente del control de la actividad de los paleontólogos profesionales. En suma, la interrelación entre investigadores y pobladores locales, enmarcada dentro de las leyes que cada provincia impone al momento de resguardar su patrimonio fosilífero, han producido contundentes beneficios al conocimiento y desarrollo de la paleontología de dinosaurios.

## ¿QUÉ SON LOS DINOSAURIOS?

Los dinosaurios son reptiles que dominaron el medio terrestre durante gran parte de la Era Mesozoica, la llamada “Edad de Oro de los Reptiles”. Los dinosaurios más antiguos conocidos proceden de capas triásicas de Argentina y Brasil, con una antigüedad aproximada en 238 millones de años. El ancestro común de todos los dinosaurios era una criatura pequeña, insectívora, capaz de desplazarse velozmente entre la vegetación, cuyas patas esbeltas recuerdan más a las de una ave actual que a las de un cocodrilo o lagartija. Los dinosaurios tenían patas que se ubicaban verticalmente por debajo del cuerpo y solo apoyaban los dedos en el suelo (eran digitígrados). Por su postura erguida no reptaban, sino que su panza se ubicaba lejos del suelo. Con estos datos anatómicos en mente, podemos descartar de la lista de dinosaurianos a los reptiles vivientes (cocodrilos, tortugas y lagartos), como así también a numerosos grupos de reptiles mesozoicos cuyas patas se habían transformado en aletas: es decir, no son dinosaurios los plesiosaurios, los mosasaurios ni los ictiosaurios, todos ellos adaptados al medio acuático. Los dinosaurios podrían haber chapoteado o nadado en el agua, pero sus patas revelan que estaban íntimamente ligados al medio terrestre.

Hay algunos mitos importantes acerca de los dinosaurios que merecen ser aclarados. El primero tiene que ver con su nombre, “terrible reptil”, en alusión al gran tamaño corporal. Si bien es cierto que muchos de ellos fueron descomunales (y por lo cual la Patagonia es merecedora del título de “tierra de gigantes”), otros no tuvieron nada de “terribles” sino que hubo una notable diversidad de dinosaurios pequeños, algunos no más grandes que una paloma, como por ejemplo el dinosaurio insectívoro *Ligabueino*, hallado en Neuquén (Bonaparte, 1996).

Desde hace unos cincuenta años, se incluye dentro de los dinosaurios a las aves, por lo que técnicamente las aves son dinosaurios, desechando así otro de los mitos acerca de la evolución de los dinosaurios, el mito de que todos se extinguieron sin dejar descendientes. Claramente no fue así. Algunos viven hoy y los llamamos aves. A partir de la inclusión de las aves en los dinosaurios, comenzó a hablarse de “dinosaurios no avianos” para hacer referencia a los tradicionales dinosaurios.

Por supuesto, la inclusión de las aves dentro del grupo de los dinosaurios no es antojadiza. Un número importante de características osteológicas evolutivamente significativas son compartidas entre las aves y los dinosaurios no avianos en cada hueso del esqueleto. Aun cuando muchas de estas características fueron reconocidas ya en el siglo XIX, la relación entre aves y dinosaurios fue debatida hasta bien entrado el siglo XX. De cualquier forma, la inclusión de las aves dentro del grupo se debió no tanto a una profundización del conocimiento anatómico del grupo sino a un cambio en los criterios con que se construyen las clasificaciones biológicas: nos referimos al cladismo o sistemática filogenética, que sistematiza las relaciones de parentesco entre los organismos de acuerdo

con los caracteres derivados, es decir, las “novedades evolutivas” compartidas entre especies, y no en la semejanza global entre taxones.

En la actualidad, la Patagonia posee un registro muy completo de la historia de los dinosaurios, incluyendo representantes de unos 190 millones de años, como el *Mussaurus* de principios del Jurásico, hasta aquellos que, como el “*Kritosaurus*” *australis*, estuvieron muy próximos a la extinción masiva de fines del período Cretácico, acontecida hace aproximadamente 66 millones de años. Los hallazgos efectuados en las provincias de La Pampa, Río Negro, Neuquén, Chubut y Santa Cruz suman, hasta la fecha, unas 110 especies, pertenecientes a tres agrupaciones principales: los **terópodos**, bípedos y mayoritariamente carnívoros, desde formas pequeñas hasta enormes como el *Giganotosaurus*; los **sauropodomorfos**, de cuello largo, predominantemente cuadrúpedos y muchos de ellos gigantes, como el *Argentinosaurus*; y los **ornitíscuos**, con muy variados tipos adaptativos, siendo los documentados en Patagonia aquellos con hocicos achatados similares a los de un pato, los hadrosaurios, y otros con corazas y cuadrúpedos, los anquilosaurios. El registro de dinosaurios patagónicos abarca desde dientes sueltos y fragmentos de huesos, hasta ejemplares muy completos que preservan gran parte de sus esqueletos y cráneos, e incluso impresiones de la piel, tal como ocurre con *Carnotaurus*. Si bien el registro más destacado es el osteológico (que conforma la fuente más importante de datos anatómicos a la hora de establecer relaciones de parentesco entre los dinosaurios), también es importante el paleoicnológico, es decir el estudio de sus rastros, sean estos las huellas que sus pies imprimieron en barro o arena húmeda, las marcas que sus dientes dejaron en huesos de sus presas, y las nidadas que los dinosaurios construyeron para reproducirse y criar a su prole. Es decir, las trazas fósiles dan cuenta de ciertos aspectos de los seres extinguidos que no pueden ser abordados únicamente a partir de los huesos. Por ejemplo, el estudio de las huellas de los pies permite dilucidar el tejido blando y almohadillas desarrolladas por debajo a los dedos; también pueden reconstruirse los movimientos que cada dedo seguía cuando daban un paso, calcular la velocidad aproximada de desplazamiento, e indagar si el autor de las huellas era solitario o bien formaba parte de una manada. Los estudios sobre el comportamiento de los dinosaurios, en especial aquel de la nidificación y la crianza, ha tenido un importante desarrollo en los últimos años, y los fósiles descubiertos en la localidad neuquina de Auca Mahuida conforman un caso de estudio de trascendencia internacional (Chiappe y Coria, 2005). Los hallazgos en este sitio fosilífero de la provincia de Neuquén consisten en hectáreas repletas de nidos, cada uno de ellos preservando numerosos huevos esféricos en cuyo interior algunos poseen esqueletos de embriones (Chiappe *et al.*, 2001).

A continuación haremos una breve reseña del registro patagónico de dinosaurios, el cual abarca los períodos Jurásico y Cretácico.

## Dinosaurios jurásicos

El período Jurásico se extendió desde 201 a 145 millones de años, y representa un momento clave en la historia geológica del planeta. La Pangea de inicios del Triásico comenzó a desmembrarse durante el transcurso del Jurásico, delineándose los supercontinentes de Gondwana (al sur) y Laurasia (al norte), impactando en la diferenciación cada vez mayor de sus faunas.

En lo que respecta a los primeros hallazgos de dinosaurios jurásicos, los mismos fueron colectados en Chubut en la década de 1940 y estudiados por el célebre naturalista Ángel Cabrera, del Museo de La Plata. No obstante, el mayor impulso se produjo en la década de 1970, con las ya citadas expediciones de José Bonaparte a Cerro Cóndor. Además, cabe aclarar que los hallazgos de Casamiquela de dinosaurios sauropodomorfos similares a *Plateosaurus* (hoy conocidos con el nombre de *Mussaurus*) no corresponden al Triásico como durante mucho tiempo se supuso, sino a comienzos de Jurásico, tal como fue aclarado por estudios realizados por Diego Pol y su equipo del Museo Egidio Feruglio de Trelew. Este grupo de investigadores ha dado importantes pasos en el conocimiento de las faunas jurásicas de dinosaurios, ampliando el registro fosilífero, a la par que han reconocido faunas de diferentes edades. Si bien el registro más completo de dinosaurios jurásicos está en Chubut, otras regiones de Patagonia están apor-



**Figura 1:** Cráneo de *Isaberrysaura*, depositado en el Museo de Ciencias Naturales Prof. Dr. Juan Olsacher de Zapala (Neuquén). Escala: 10 cm.

tando información sumamente novedosa. Tal es el caso de la Formación Los Molles, del Jurásico Medio, aflorante en el centro de la provincia de Neuquén, donde fuera descubierto el ornitisquio *Isaberrysaura mollensis*, representado por un cráneo casi completo, parte de su esqueleto postcraneano y restos del contenido estomacal (Fig.1). Este dinosaurio herbívoro pertenece al grupo los estegosaurios, los cuales vivieron su apogeo en el Jurásico, y representa el regis-



**Figura 2:** Extracción de esqueleto de *Chilesaurus diegosuarezi*, Andes Patagónicas, Aysén, Chile. De izquierda a derecha: Manuel Suárez, Marcela Milani y Nicolás Chimento.

tro más antiguo para este linaje a nivel mundial (Salgado *et al.*, 2017). Aparte de eso, *Isaberrysaura* brinda un conocimiento, pocas veces disponible, sobre de la dieta que estos dinosaurios tuvieron, incluyendo semillas de cicadales.

El trabajo que desde 2010 se ha venido realizando al otro lado de la cordillera, en los Andes Patagónicos del sur de Chile, ha producido sorprendentes hallazgos de nuevos dinosaurios jurásicos como el enigmático *Chilesaurus diegosuarezi*, junto con restos de uno de los primeros diplodócidos documentados en el hemisferio sur (Novas *et al.*, 2015; Salgado *et al.*, 2015; Fig. 2).

La secuencia temporal de las unidades sedimentarias patagónicas portadoras de restos de dinosaurios, desde la más vieja a la más joven, sería: del Jurásico Inferior de Santa Cruz, la **Formación Laguna Colorada** (con restos de *Mus-saurus* y pequeños ornitíscidos heterodontosáuridos); del Jurásico Medio de Chubut la **Formación Cañadón Asfalto**, de la que se conocen *Piatnitzkysaurus*, *Condorraptor* y *Eoabelisaurus* entre los terópodos (Bonaparte, 1979; Rauhut, 2005; Pol y Rauhut, 2012), y *Volkheimeria*, *Patagosaurus* y *Bagualia*, entre los saurópodos primitivos (Bonaparte, 1979; Pol *et al.*, 2020), y *Manidens* entre los heterodontosáuridos (Pol *et al.*, 2011, 2020); y del Jurásico Superior la **Formación Cañadón Calcáreo**, que ha brindado a los terópodos *Pandoravenator* y *Asfaltovenator* (Rauhut y Pol, 2019), el macronario *Tehuelchesaurus* y el diplodocoideo *Brachytrachelopan*; (Vickers-Rich *et al.*, 1999; Rauhut *et al.*, 2005).



Entre los aspectos más destacables de la paleontología de dinosaurios del Jurásico de Patagonia se halla el de documentar la temprana evolución hacia el gigantismo, una de las características más notorias de la evolución de este grupo de reptiles. Hacia el Jurásico Superior, ya se registran los primeros restos de los dos grandes grupos en que se dividen los saurópodos modernos o neosaurópodos: los macronarios, con *Tehuelchesaurus benitezii* (Vickers-Rich *et al.*, 1999) y diplodocoideos, con *Brachytrachelopan mesai* (Rauhut *et al.*, 2005). Este último dinosaurio formó parte de una radiación adaptativa de saurópodos de cuello corto, los dicraeosáuridos, lo que supone preferencias ecológicas muy diferentes de los restantes saurópodos, caracterizados por sus cuellos sumamente alargados. Los dicraeosáuridos tuvieron una distribución gondwánica, y aquellos de Patagonia lucen semejantes a los ya citados ornitisquios estegosaurios.

Mientras los saurópodos fueron los herbívoros dominantes y de gran tamaño (por ejemplo, *Patagosaurus*, cuyo esqueleto fue montado en el MACN por José Bonaparte en 1983, mide unos 14 metros de largo), los herbívoros hasta ahora documentados en capas jurásicas de Patagonia son de tamaños modestos: *Isaberrysaura* medía unos 5 metros de largo, y el heterodontosáurido *Manidens* no superaba los 70 cm.

## Cretácico

Es el periodo del Mesozoico mejor representado en Patagonia, y las rocas portadoras de dinosaurios asoman en las cuencas Neuquina (que abarca las provincias de Mendoza, La Pampa, Río Negro y Neuquén), San Jorge (extendida por el centro y este de Chubut y NE de Santa Cruz), y Austral o Magallánica (desarrollada en el sector sur de Santa Cruz, Tierra del Fuego y sur de Chile).

Los registros de dinosaurios correspondientes al inicio del Cretácico son aquellos de las formaciones Bajada Colorada, Mulichinco y La Amarga, en la provincia de Neuquén. Un poco más conocidas son las faunas dinosaurianas del Cretácico “Medio” (denominación informal que abarca rocas depositadas entre los 125 a 93 ma), y son aquellas de Chubut y Neuquén con restos de terópodos gigantes (los carcarodontosauridos como *Giganotosaurus*, *Mapusaurus* y *Tyrannotitan*) y corpulentos saurópodos como los rebbaquisáuridos *Zapalsaurus*, *Lavocatisaurus*, *Comahuesaurus*, *Rayososaurus* y *Limaysaurus*. Pero sin dudas los registros más abundantes son los del Cretácico Superior, con niveles rocosos ampliamente expuestos en todas las provincias patagónicas.

Las unidades rocosas del Cretácico Superior (es decir, acumuladas en el lapso entre los 90 a los 70 millones de años) que poseen abundante material paleontológico son aquellas de la Cuenca Neuquina, y entre las más destacadas figuran las siguientes formaciones (de la más antigua a la más reciente):



**Figura 3:** Rodolfo Coria, excavación del terópodo *Giganotosaurus carolinii*. Villa El Chocón (Neuquén). Foto: Leonardo Salgado.





**Figura 4:** Excavación de un enorme saurópodo en la Formación Candeleros en la provincia de Neuquén. Fotos Alberto Garrido.

- **Formación Candeleros**, de la que se conocen numerosas huellas de una gran variedad de dinosaurios visibles a orillas del Embalse Exequiel Ramos Mexía, en cercanías de la Villa El Chocón (provincias de Neuquén y Río Negro), como así también esqueletos muy bien preservados de dinosaurios de formas del tamaño de un pavo, como el *Buitreraptor* de aspecto aviano, hasta gigantescas como *Giganotosaurus* (Fig. 3), y una interesante diversidad de saurópodos, algunos de los cuales, actualmente en proceso de estudio, verdaderamente gigantes (Otero *et al.*, 2021; Fig.4). Importantes yacimientos existentes en Planicie de Rentería, al sur de El Chocón, han sido intensamente trabajados por Sebastián Apesteguía y colaboradores de la Fundación Azara, produciendo importantes hallazgos de dinosaurios, mamíferos y pequeños reptiles.
- **Formación Huincul**, cuyos niveles han brindado los restos del enorme saurópodo *Argentinosaurus* (Bonaparte y Coria, 1991) y del terópodo *Mapusaurus* (Coria y Currie, 2006) así como el extraño *Gualicho* (Apesteguía *et al.*, 2016) con brazos extremadamente reducidos y que recuerdan superficialmente a los de *Tyrannosaurus*.



**Figura 5:** Sierra del Portezuelo, Neuquén, en donde se descubrieron los terópodos *Patagonykus puertai*, *Unenlagia comahuensis*, *Neuquenraptor argentinus* y *Megaraptor namunhuiquii*. Foto: Fernando E. Novas.

- **Formación Cerro Lisandro**, que ha aportado restos muy bien preservados del ornitisquio *Anabisetia* (Coria y Calvo, 2002).
- **Formación Portezuelo**, que ha brindado terópodos como *Megaraptor* (Novas, 1998), *Patagonykus* (Novas y Molnar, 1996), *Neuquenraptor* (Novas y Pol, 2005) y *Unenlagia* (Novas y Puerta, 1997), y el saurópodo gigante *Futalognkosaurus* (Calvo *et al.*, 2007c). Los hallazgos que hicimos en niveles de esta formación, en la propia Sierra del Portezuelo (Fig.5), al oeste de Cutral Co, fueron seguidos por notables descubrimientos a orillas de Lago Barreales por parte de Jorge Calvo y su equipo de Proyecto Dino.
- **Formación Sierra Barrosa**, de la que se han recuperado varios dinosaurios, entre ellos un ornitópodo *Macrogryphosaurus gondwanicus* (Calvo *et al.*, 2007a); un terópodo Megaraptoridae, *Murusraptor barrosaensis* (Coria y Currie, 2016), y un titanosaurio, *Kaijutitan maui* (Filippi *et al.* 2019), todos en la provincia de Neuquén.
- **Formación Plottier**, que ha aportado numerosos restos de saurópodos en el norte de la provincia de Neuquén, como *Muyelensaurus pecheni* (Calvo *et al.*, 2007b) y *Petrobrasaurus puestohernandezii* (Filippi *et al.*, 2011) (Fig.6).

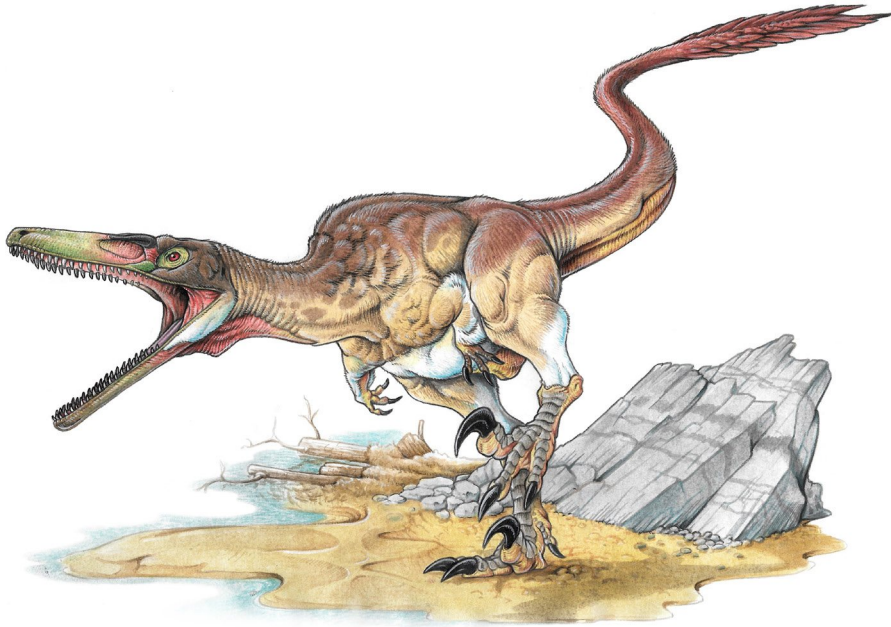




**Figura 6:** Excavación del saurópodo *Petrobrasaurus puestohernandezii*, Rincón de los Sauces, Neuquén. Foto: José I. Canudo.

- **Formación Bajo de la Carpa**, con afloramientos en la misma ciudad de Neuquén, posee una rica fauna de dinosaurios, incluyendo entre los más notorios a *Alvarezsaurus*, *Velocisaurus* y *Patagopteryx* descritos originalmente por Bonaparte a principios de la década del 90 (Bonaparte, 1991), y más recientemente los notables hallazgos efectuados por Leonardo Filippi y equipo en Rincón de los Sauces, norte de Neuquén, incluyendo a los terópodos *Llukalkan* (Gianechini *et al.*, 2020), *Viavenator* (Filippi *et al.*, 2016), el ornitisquio *Mahuidacursor* (Cruzado-Caballero *et al.*, 2019), y el saurópodo *Bonitasaura* este último en la provincia de Río Negro, descubierto y estudiado por Sebastián Apesteguía y su equipo de la Fundación Azara (Apesteguía, 2004; Gallina y Apesteguía, 2011, 2015).
- **Formación Anacleto**, de esta unidad proceden los terópodos *Abelisaurus* (Bonaparte y Novas, 1985) y *Aucasaurus* (Coria *et al.*, 2002), el diminuto ornitisquio *Gasparinisaura* (Coria y Salgado, 1996) y saurópodos de gran valor histórico como *Laplatasaurus*, *Antarctosaurus*, y *Neuquensaurus*, originalmente descritos por Richard Lydekker a fines del siglo XIX y por Friedrich von Huene en las primeras décadas del siglo XX (Salgado y Bonaparte, 2007).





**Figura 7:** *Austroraptor cabazai* – Ilustración Gabriel Lio

- **Formación Allen:** esta unidad, ampliamente expuesta en los bajos de Santa Rosa y Trapalcó, Salitral Moreno y Ojo de Agua, en Río Negro, posee abundante material fósil, incluyendo los restos de los terópodos *Austroraptor cabazai* (Novas *et al.*, 2008; Fig.7) y *Bonapartenykus* (Agnolín *et al.*, 2012) los saurópodos *Bonatitan* (Martinelli y Forasiepi, 2004) y *Aeolosaurus* (Powell, 1987) y del hadrosaurio *Bonapartesaurus* (Cruzado-Caballero y Powell, 2017).

Existen muchas más formaciones aflorantes en otras regiones de Patagonia, que tienen edades similares a las arriba enumeradas para la Cuenca Neuquina. Por ejemplo, en el centro de Chubut se exponen niveles de la Formación Cerro Barcino (con una antigüedad aproximada en 100 a 90 ma), que fueron intensamente explorados por personal del Museo Egidio Feruglio de Trelew, produciendo los ejemplares del terópodo *Tyrannotitan* (Novas *et al.*, 2005) y del saurópodo *Patagotitan* (Carballido *et al.*, 2017) uno de los dinosaurios más gigantes, con una longitud de más de 30 m (Fig.8). De este último se han recuperado varios especímenes en un mismo lugar pero correspondientes a distintos eventos de enterramiento, lo que hace pensar en un sitio especial en el que, por alguna razón desconocida, los dinosaurios morían con mayor frecuencia que en otros sitios.



**Figura 8:** El geólogo Alberto Garrido del Museo Olsacher de Zapala (derecha), tomando notas de los huesos apendiculares de *Patagotitan mayorum* (Chubut). Foto: José L. Carballido.



**Figura 9:** Equipo del LACEV arrastrando un bochón conteniendo esqueleto y cráneo de un segundo espécimen del ornitisquio *Talenkauen santacruzensis* – Costa sur del Lago Viedma, Provincia de Santa Cruz. Foto: Fernando E. Novas.

Por su parte, en el centro-sur de Chubut asoman las formaciones Bajo Barreal (aproximadamente 90ma) y Lago Colhué Huapi (aproximadamente 70ma) que vienen siendo activamente trabajadas por Rubén Martínez y su equipo de la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (Comodoro Rivadavia); mientras que en el SW de Santa Cruz, en los alrededores de los lagos Viedma y Argentino, existen extensos afloramientos de las formaciones Cerro Fortaleza y Chorrillo, de las que se conocen numerosas especies de dinosaurios, como *Puertasaurus* (Novas *et al.*, 2005), *Orkoraptor* (Novas *et al.*, 2008b), *Talenkauen* (Novas *et al.*, 2004), *Nullotitan* e *Isasicursor* (Novas *et al.*, 2019) que hemos descubierto en sucesivas expediciones realizadas desde 1999 (Fig.9).

La información que brindan todas estas formaciones geológicas permite reconocer tendencias evolutivas dentro de cada clado a lo largo del Cretácico, así como reemplazos faunísticos y extinciones.

En primer lugar se aprecia que durante el Cretácico Temprano los saurópodos continuaron desempeñando un rol preponderante como herbívoros, con relativamente pocos cambios a nivel de los clados involucrados, los cuales se originaron durante el Jurásico. Recién a mediados del Cretácico se produjeron cambios más profundos, caracterizados por una extinción generalizada de ciertos grupos (dicraeosáuridos y rebbaquisáuridos) y la diversificación de otros (titanosaurios). Estos cambios faunísticos no se aprecian únicamente entre los saurópodos, sino que se reproducen en otros grupos, como los carcarodontosáuridos, que fueron abundantes entre unos 120 a 90 ma y cumplieron el rol de superpredadores en las faunas patagónicas. Sin embargo, una mayor diversidad se documenta en otros linajes de carnívoros, como los abelisáuridos y unenlágidos, de tamaños más modestos que los enormes carcarodontosáuridos. El registro fósil indica que luego de la extinción de estos últimos, comienza a verificarse un aumento de tamaño corporal por parte de otro linaje de carnívoros, ya presentes en el Cretácico Temprano: los megaraptores. También se verifica un incremento del tamaño corporal en el grupo de los unenlágidos, que para fines del Cretácico alcanzan unos 5 metros de longitud, como es el caso del *Austroraptor*.

Es interesante notar que los saurópodos gigantes se registran a lo largo de todo el Cretácico: en el Cretácico Temprano tardío de Chubut (*Patagotitan mayorum*), en el Cretácico Tardío temprano-medio de Neuquén (*Argentinosaurus huinculensis*, *Futalongkosaurus dukei*) y en el Cretácico más tardío de Santa Cruz (*Dreadnoughtus schrani*, *Nullotitan glacialis*, *Puertasaurus reuili*).

Por su parte, el registro de dinosaurios ornitiscuquios muestra la presencia de estegosaurios durante el Cretácico Temprano, extinguiéndose después, entrando en escena los anquilosaurios (que perduran hasta el cierre de Cretácico), y fundamentalmente de ornitópodos (formas predominantemente bípedas y corredoras), los cuales forman parte de una radiación gondwánica, los Elasmaria, grupo que agrupa a varias especies patagónicas como *Talenkauen* (Fig. 10), *Macrogryphosaurus*, *Isasicursor*, *Mahuidacursor*, *Notohypsilophodon* y *Anabisetia*. Estos ornitópodos alcanzaban 4 metros de largo, pero las huellas conservadas





**Figura 10:** *Talenkauen santacruensis* (segundo espécimen conocido) – Cráneo y cuello en proceso de preparación por técnicos del LACEV. Foto: Fernando E. Novas.

en niveles de la Formación Candeleros, expuestas a orillas del Lago Ezequiel Ramos Mexía, revelan que unos 100 millones de años atrás existían formas de ornitópodos corpulentos, no registradas aún por material óseo o por dientes. Los elasmarianos llegaron hasta fines del Cretácico, aunque los ornitisquios numéricamente dominantes para el Cretácico más tardío fueron los hadrosaurios, o dinosaurios pico de pato. Podemos decir que estos herbívoros irrumpen en el registro patagónico en formaciones que rondan los 70 millones de años, estando representado por varias especies (por ejemplo, *Bonapartesaurus*, “*Kritosaurus*”, *Lapampasaurus*) sugiriendo una radiación rápida en territorio sudamericano, para desaparecer unos 4 millones de años más tarde, en el límite KT, conjuntamente con los restantes dinosaurios no avianos.

## TEMAS DE INVESTIGACION

Se enumeran a continuación áreas de estudio en las cuales los paleontólogos argentinos están aportando información para analizar problemáticas que atañen a la evolución del grupo como un todo.

### 1. Evolucion en aislamiento

José Bonaparte fue el primero en postular que las faunas de vertebrados mesozoicos de Gondwana evolucionaron aisladamente desde mediados del Jurásico hasta fines del Cretácico, produciendo varios linajes endémicos. Esta propuesta, vigente para muchos grupos de vertebrados, produjo un cambio radical en la comprensión de la historia paleobiogeográfica de los distintos grupos de tetrápodos patagónicos mesozoicos, entre ellos, cocodrilos, tortugas, mamíferos, y por supuesto dinosaurios, clásicamente considerados como relictos de agrupaciones que descollaron en el Hemisferio Norte (fundamentalmente América del Norte).

La hipótesis de Bonaparte –en cuanto a que el aislamiento habría comenzado ya hacia mediados del Jurásico– ha ganado mayor sustento con el hallazgo del *Chilesaurus*, junto con el de otras extrañas criaturas jurásicas de la Patagonia argentina, como el saurópodo jorobado *Brachytrachelopan* y el pequeño terópodo monodáctilo *Sarmientichnus*, sugieren que la Patagonia estuvo habitada por estirpes de dinosaurios morfológicamente muy diferentes de los hallados en otras regiones del mundo (Novas, 2019). El hecho de que los continentes estuvieran dispuestos unos cerca de otros durante el Jurásico no significa indefectiblemente que las faunas de dinosaurios hayan estado uniformemente distribuidas por toda la faz del planeta.



En la actualidad, nueva evidencia complejiza la temprana visión de Bonaparte, por ejemplo, el hallazgo en Europa de formas de abolengo gondwánico, como el del saurópodo rebbaquisáurido *Demandasaurus* (Torcida *et al.*, 2011).

## 2. Relaciones filogenéticas

Los hallazgos de dinosaurios efectuados en Patagonia han modificado y ampliado nuestra concepción del gran árbol de la evolución de los dinosaurios como un todo. Las hipótesis que se proponen tienen, muchas de ellas, alcance global, puesto que se refieren a linajes que han prosperado fundamentalmente en Laurasia.

Entre los grupos de saurópodomorfos de reciente reconocimiento –y que han impactado fuertemente en el conocimiento filogenético del grupo– mencionaremos dos. En primer lugar, los **rebbquisáuridos**, un grupo de saurópodos diplodocoideos con distribución fundamentalmente gondwánica, en los cuales se reconocen transformaciones evolutivas extremas, sobre todo craneanas (fenestras craneanas amplias, baterías dentales complejas, etc.). En segundo lugar, los **futalognksaurios**, titanosaurios eminentemente patagónicos caracterizados por su enorme tamaño (por encima de las 50 toneladas de masa corporal). Entre estos últimos se encuentran, además de *Futalognkosaurus* (descubierto



**Figura 11:** *Megaraptor namunhuaiquii* – Esqueleto montado en el LACEV. De der a izq.: Germán Stoll, Gonzalo Muñoz, Ricardo Stoll, Marcelo Isasi y Francisco de Cianni.



**Figura 12:** Montaje del esqueleto de ejemplar adulto de *Chilesaurus diegosuarezi* en el LACEV.

por Jorge Calvo y su equipo en Lago Barreales), tres de los dinosaurios de mayor tamaño que han pisado la Tierra: *Argentinosaurus*, *Puertasaurus*, y *Patagotitan* (Carballido *et al.*, 2017).

Entre los dinosaurios terópodos que más han aportado al conocimiento de las relaciones evolutivas del grupo están los carnívoros **megaraptores** (Fig.11), considerados por especialistas norteamericanos como sobrevivientes cretácicos de agrupaciones arcaicas, mientras que varios de los paleontólogos argentinos los consideramos parientes lejanos de tiranosaurios (Novas *et al.*, 2013). Esta última interpretación ha ganado sustento en los últimos años a medida que se fueron sumando especímenes más completos (especialmente aquellos colectados por Jorge Calvo y Juan Porfiri a orillas del Lago Barreales, y por Rodolfo Coria y Phillip Currie en Sierra Barrosa), los cuales preservan gran parte del cráneo y pelvis y revelan rasgos notablemente similares con los tiranosáuridos laurásicos.

Otro hallazgo de enorme trascendencia en las discusiones de la relaciones de parentesco entre los tres principales clados dinosaurianos (es decir, Theropoda, Sauropodomorpha y Ornithischia) ha sido el de *Chilesaurus diegosuarezi*, que descubrimos en 2010 y fue merecedor de la tapa de la prestigiosa revista *Nature*, en 2015. *Chilesaurus* vino a “patear el tablero” de la evolución de los dinosaurios, ya que reúne rasgos de los tres linajes dinosaurianos antes enumerados: dientes y pies de sauropodomorfo, cuello y brazos de terópodo, y cadera de ornitíscuo (Novas *et al.*, 2015; Fig.12). Nuestro análisis filogenético consistió en integrar centenares de caracteres de numerosos taxones dinosaurianos, mos-

trando al *Chilesaurus* como parte de un grupo de terópodos llamados Tetanurae (entre cuyas formas mejor conocidas se cuentan los alosaurios, los tiranosaurios, los oviraptorosaurios, los velociraptores y las aves). Sin embargo, creemos necesario ahondar esta cuestión ya que el enigma filogenético alrededor del *Chilesaurus* está lejos de resolverse.

También dentro de grupo de los terópodos encontramos al *Unenlagia comahuensis*, descubierto en la Formación Portezuelo (Cretácico Superior) de las cercanías de Plaza Huincul, Neuquén. Hasta que este dinosaurio, del tamaño de un ñandú, fue descrito en 1997, todo lo que se sabía acerca de los antepasados de las aves y de sus más inmediatos parientes (entre los que se incluyen a los velociraptores) provenía enteramente del Hemisferio Norte. De Europa se conocía al *Archaeopteryx* jurásico, el ave más antigua conocida; de América del Norte el *Deinonychus* cretácico, que le sirvió al paleontólogo John Ostrom para sustentar, de forma magistral, su hipótesis de la relación dinosaurios-aves en base a las extraordinarias similitudes entre este dinosaurio y el *Archaeopteryx* europeo. El hallazgo del *Unenlagia*, seguido por el de *Neuquenraptor*, *Buitreraptor*, *Pamparaptor* y *Austroraptor*, vino a confirmar que formas muy afines a los dromaeosáuridos también estuvieron presentes en el hemisferio austral, además de mostrar que las formas patagónicas poseen rasgos más similares al *Archaeopteryx* que el *Deinonychus* y el *Velociraptor* (Novas *et al.*, 2020).

### 3. Postura y tipo de desplazamiento de crías

El registro de series de crecimiento más o menos completas es un hecho extremadamente infrecuente en paleontología de vertebrados. Afortunadamente, en Patagonia contamos con un registro ontogenéticamente diverso del saurópodomorfo basal del Jurásico Temprano de Santa Cruz *Mussaurus patagonicus* (desde huevos sin eclosionar y pequeños bebés, hasta ejemplares adultos) lo que ha permitido llevar adelante estudios pocas veces realizados en dinosaurios. Uno de reciente publicación, a cargo de Alejandro Otero y colaboradores, muestra que las crías de este dinosaurio eran cuadrúpedas, siendo bípedas las formas adultas (Otero *et al.*, 2019). De forma significativa, los estadios ontogenéticos tempranos de *Mussaurus patagonicus* se asemejan a una condición que, en formas más derivadas como los saurópodos, es constante a lo largo de su vida. De esta forma, este trabajo abre nuevos caminos para comprender los procesos implicados en la evolución de los grandes saurópodomorfos del Jurásico y Cretácico, los cuales habrían involucrado cambios en el ritmo del desarrollo, postura de los miembros y formas de desplazamiento.

### 4. Co-evolución plantas/dinosaurios

Los trabajos de Diego Pol y sus colegas del MEF han producido un consistente avance en la comprensión de la evolución de los dinosaurios saurópodos en un contexto de cambios geológicos y florísticos durante el Jurásico Medio. Estos investigadores mostraron que el dominio de los saurópodos verdaderos se es-

tableció con posterioridad a un importante evento de actividad magmática que afectó amplias regiones del sur de Gondwana entre 180–184 ma, y que coincidió con severas perturbaciones climáticas y un drástico decrecimiento de la diversidad florística, involucrando el surgimiento de coníferas con hojas en forma de escamas diminutas. Pol y su equipo identificaron que dichas modificaciones en la flora y fauna patagónicas ocurrieron en un contexto de modificaciones ambientales a escala global, las cuales documentan la extinción de diversos organismos durante el llamado “calentamiento global del Toarciano”.

Estudios como este son muy importantes, ya que permiten dar cuenta de la estrecha relación que existe entre la evolución de los distintos organismos, en este caso de las plantas y los herbívoros. En el caso estudiado por los investigadores de Chubut, un cambio en las condiciones ambientales habría generado un recambio tanto las floras como de sus consumidores, en particular los sauropodomorfos.

## 5. Gigantismo

¿Por qué algunos grupos de dinosaurios se volvieron tan grandes? Éste es un problema complejo y seguramente multicausal. La gran disponibilidad de recursos es sin duda una condición necesaria para adquirir tamaños enormes, pero no suficiente. Después de todo, no todos los linajes de dinosaurios que formaron parte de ecosistemas ricos en recursos, evolucionaron hacia formas gigantes. Seguramente en la adquisición del gigantismo de los sauropodomorfos tuvo que ver la existencia de una combinación única de adaptaciones anatómicas, entre las que sobresalía la presencia de un cuello largo, lo que a su vez fue posible por la presencia de una cabeza pequeña, heredada de sus ancestros (Sander *et al.*, 2011). Los cuellos largos permitieron a estos herbívoros cubrir un mayor rango de superficie vegetada con un mínimo coste energético, a la vez que les permitió disipar más eficientemente el calor metabólico generado internamente, un problema que poseen todo los grandes animales endotérmicos.

Pero, ¿por qué los dinosaurios saurópodos fueron más grandes en la Patagonia que en el resto del mundo? Hay que destacar que no todos los saurópodos que vivieron en Patagonia fueron de gran tamaño, y que no todos los grandes saurópodos vivieron en Patagonia, pero llama la atención que la mayoría de los saurópodos registrados a la fecha por encima de 50 toneladas de masa corporal hayan vivido en lo que hoy es la Patagonia argentina. En esto seguramente tuvo que ver el hecho de que, a diferencia de lo que muestra el registro en otros continentes, en América del Sur, particularmente en Patagonia, los saurópodos poseen una presencia más o menos continua a lo largo del Cretácico. En otros continentes, por ejemplo en América del Norte, el registro del grupo es más discontinuo, con varias extinciones locales y reintroducciones vía dispersión. Probablemente los saurópodos (los cuales como grupo nunca se extinguieron localmente en América del Sur) dispusieron en esta parte del mundo de las con-





**Figura 13:** *Argentinosaurus huiculensis*, uno de los dinosaurios más gigantescos, hallado en niveles de la Formación Huincul, Neuquén, y estudiado por José Bonaparte y Rodolfo Coria.



**Figura 14:** *Taurovenator*, terópodo carcarodontosaurido descubierto en niveles de la Formación Candeleros, provincia de Río Negro, en excavaciones efectuadas por el LACEV. Ilustración Gabriel Lio.



diciones ecológicas necesarias y, sobre todo, del suficiente tiempo geológico para alcanzar esos enormes tamaños.

Durante el Albiano-Cenomaniano, esto es, a finales del Cretácico Temprano y principios del Tardío, esto es entre unos 100 a 90 millones de años, tanto África como América del Sur (apenas separadas por un angosto proto-Atlántico) estuvieron pobladas por dinosaurios y otras criaturas de tamaños descomunales, quizás las más grandes entre los vertebrados terrestres. Entre los saurópodos contamos a *Argentinosaurus* (Fig.13) y *Patagotitan*, mientras que entre los terópodos se destacaron *Spinosaurus* (en África) y los carcarodontosaurios *Carcharodontosaurus* (en África), *Giganotosaurus*, *Tyrannotitan*, *Mapusaurus* y *Taurovenator* (Fig.14). También fueron descomunales los cocodrilos, como el *Sarcosuchus*, por el momento solo hallado en el continente africano. Se especulan las razones por las que varios grupos distintos de reptiles alcanzaron esos tamaños en ese momento de la historia, pero se sospecha que las condiciones ambientales habrían jugado un papel preponderante, tomando a las elevadas temperaturas de esta etapa del Cretácico como una de los factores más importantes.

Como dijimos, no todos los dinosaurios que habitaron en Patagonia en el Cretácico fueron gigantes. También hay registros de grupos de un tamaño más modesto, de 9 o 10 metros de longitud, como los dicraeosáuridos y los saltasaurinos. De forma significativa, estos saurópodos son los únicos que cuentan con estructuras que podrían interpretarse como defensivas, tales como largas espinas neurales cervicales, en el caso de los dicraeosáuridos, como *Amargasaurus* (Salgado y Bonaparte, 1991) o *Pilmatueia* (Coria *et al.*, 2019), y placas óseas dispuestas sobre el lomo, en el caso de los saltasaurinos (Powell, 2003). Así como surge la pregunta “¿por qué fueron tan gigantes?” para este caso deberíamos preguntarnos: ¿por qué los dicraeosáuridos redujeron su tamaño corporal? Para desilusión del lector, no tenemos respuestas satisfactorias a estos interrogantes, y creemos que las mismas están lejos de obtenerse.

## 6. Extinciones

El frondoso árbol de la evolución de los dinosaurios revela que hubo numerosas ramificaciones (clados) que aparecieron, prosperaron, dominaron numéricamente, se diversificaron taxonómicamente, y finalmente desaparecieron en diferentes momentos del transcurso de la Era Mesozoica. Es decir que, desde sus orígenes hace 240 millones años, hasta la gran extinción de finales del Cretácico, hace 66 millones de años, se produjeron numerosas extinciones que barrieron parte de los linajes dinosaurianos. En otros términos, no hubo una, sino varias, extinciones que afectaron la diversidad dinosauriana a lo largo de esos 174 millones de años. El problema es que nuestro conocimiento sobre estos patrones de extinciones menores –es decir aquellas que fueron previas a la más famosa y letal del límite entre el Cretácico y el Terciario (límite KT)– es mucho

más restringido aún. Entre las extinciones que se han podido detectar estudiando el registro fósil patagónico, está aquella ocurrida entre 100 a 90 millones de años, la cual habría tenido un alcance global. Como resultado de la misma, se extinguieron distintos grupos de reptiles continentales, entre ellos varios grupos de dinosaurios. Lo hicieron todos los saurópodos diplodocoideos –representados en ese momento por los rebbaquisáuridos– y algunos linajes de titanosaurios basales y, entre los terópodos, los carcarodontosáuridos y los espinosáuridos (estos últimos sin registros en Patagonia) (Coria y Salgado, 2005; Novas, 2009). Igualmente, lo conocido acerca de estas extinciones dista mucho de ser completo, entre otras razones porque los fósiles de dinosaurios patagónicos correspondientes a los primeros 10 millones de años del Cretácico (Berriasiano–Valanginiano) recién están comenzando a conocerse (formaciones Mulichinco y Bajada Colorada, en Neuquén). Por los datos que contamos, en esta primera etapa del Cretácico abundaban, entre los diplodocoideos, los dicraeosáuridos (*Amargasaurus*, *Pilmatueia*, *Bajadasaurus*) (Salgado y Bonaparte, 1991; Coria *et al.*, 2019; Gallina *et al.*, 2019) con representantes ya en el Jurásico Tardío (*Brachytrachelopan*), y diplodócidos (*Leinkupal*) (Gallina *et al.*, 2014).

El panorama no es mejor para el final del Cretácico, es decir para el límite KT. Los fósiles que dan cuenta de los últimos 5 millones de años de historia de los dinosaurios corresponden al Maastrichtiano (entre 72 y 66 ma), cuyos sedimentos están ampliamente expuestos en varias regiones de Patagonia. Las rocas que atesoran restos de los últimos dinosaurios patagónicos corresponden a las formaciones Allen, Los Alamitos y Coli Toro (en Río Negro y Neuquén), La Colonia y Lago Colhué Huapi (en el centro y sur de Chubut), y Chorrillo (en el SW de Santa Cruz, al sur de El Calafate, y su equivalente Dorotea, en el sur de Chile). Los dinosaurios registrados corresponden a diversos grupos, especialmente titanosaurios saltasaurinos y aeolosaurinos, terópodos abelisáuridos, megaraptóridos y unenlaginos, y ornitisquios anquilosaurios y (predominantemente) hadrosaurios. Sin embargo, los restos de dinosaurios de todas estas unidades portadoras provienen, mayoritariamente, de sus respectivos niveles inferiores, de modo tal que no contamos aún con restos de dinosaurios de fines del Maastrichtiano, es decir inmediatamente próximos a 66 millones de años. La razón es que las formaciones antes enumeradas son reemplazadas hacia arriba por niveles rocosos de origen marino, depositadas en aguas poco profundas entre finales del Maastrichtiano y principios del Terciario. Es decir, en Patagonia, los niveles correspondientes al límite KT han aportado restos de reptiles marinos (fundamentalmente plesiosaurios, mosasaurios y tortugas acuáticas; ver Gasparini, 2016), pero no dinosaurios. Esto conforma una notable diferencia con otras regiones del mundo (América del Norte, por ejemplo) en las cuales el límite KT se encuentra en rocas de origen continental, y con restos de dinosaurios de 66 millones de años. Es probable que el avance del mar sobre vastas áreas del territorio sudamericano haya reducido considerablemente los hábitats propicios para la vida de diversos vertebrados terrestres, incluidos los dinosaurios, y que ésta haya sido el desencadenante de su extinción a nivel regional (Novas *et al.*, 2019). Un problema por resolver es por qué desaparecieron los plesio-

saurios y mosasaurios, considerando que las condiciones de ambiente marino persistieron con posterioridad al límite KT. El estudio de la desaparición de los dinosaurios en América del Sur recién comienza, y nuevas exploraciones y estudios pueden aportar datos valiosos que ayuden a resolver este enigma.

## 7. Origen de las aves y el vuelo aleteado

La hipótesis de que las aves son descendientes directos de dinosaurios terópodos, con aspecto similar a un *Velociraptor*, es aceptada unánimemente entre los especialistas en el tema. Existen, no obstante, importantes discrepancias en cuanto a las relaciones de parentesco entre las diferentes especies que integran el clado Paraves, que agrupa a las aves y sus más inmediatos parientes (troodóntidos, dromaeosáuridos y unenlágidos). Al no ser claras las relaciones que existen entre ellos, se complica identificar cuál fue la secuencia de adquisición de los caracteres avianos, y surgen problemas al momento de discernir si la capacidad para el vuelo fue adquirida una sola vez, o si por el contrario ocurrió



**Figura 15:** *Overoraptor chimentoj*, terópodo paraviano, cercanamente emparentado con las aves, descubierto en niveles de la Formación Candeleros, provincia de Río Negro, en excavaciones efectuadas por el LACEV. Ilustración Gabriel Lio.

en repetidas oportunidades en la evolución de los paravianos (Agnolín *et al.*, 2019). Además de estos aspectos, de índole filogenética, hay temas de anatomía básica que todavía no están lo suficientemente claros, como por ejemplo la postura que los brazos (o, si se quiere, protoalas) tenían con respecto al resto del cuerpo. ¿Salían hacia afuera, como ocurre con las aves voladoras vivientes? ¿O por el contrario los brazos pendían debajo del tórax, de modo más similar a un dinosaurio clásico? Y si salían hacia afuera, al modo aviano ¿se movían hacia arriba y abajo, como en aves voladoras, o por el contrario el batido de las alas era hacia adelante y atrás, como ocurre en aves no-voladoras como el avestruz y ñandú? Es que los formidables especímenes que disponemos de *Archaeopteryx*, *Anchiornis*, *Microraptor* y tantos otros ejemplares de paravianos procedentes de Liaoning (China), a pesar de contar con todos sus huesos rodeados por impresiones de plumas y lucir maravillosos a primera vista, están aplastados en lajas y preservados en dos dimensiones, oscureciendo la forma en que cada uno de los huesos del brazo articulaban entre sí y con la cintura escapular. Es aquí donde adquieren relieve los fósiles de paravianos patagónicos, tales como *Overoraptor* (Figura 15) y *Buitreraptor*, cuyos huesos se preservan en tres dimensiones y a partir de lo cual podemos lograr reconstrucciones más fiables de la posición de los huesos, y –lo que es más importante– la postura y rango de movimientos que habrían tenido (Novas *et al.*, 2019). La experimentación con aves vivientes, tanto voladoras (la gallina, por ejemplo) como no-voladoras (el ñandú), permite plantear alternativas interpretativas y señalar que el problema a resolver (es decir, la adquisición del vuelo aleteado) es más complejo de lo esperado.

## 8. Estratigrafía y edad de las unidades formacionales portadoras de dinosaurios

Así como es importante ampliar el conocimiento osteológico, histológico, muscular, neurovascular, y comportamental de los dinosaurios, también resulta indispensable conocer las edades y la naturaleza sedimentológica de las formaciones portadoras de las faunas de dinosaurios, con el propósito de precisar la secuencia de acontecimientos geológicos, climáticos y ambientales que enmarcaron la evolución de los dinosaurios. En años recientes se han aclarado considerablemente la secuencia estratigráfica y reconocimiento de nuevas unidades formacionales en las cuencas Neuquina (Garrido, 2010), San Jorge (Casal *et al.* 2016,) Cuenca Austral (Moyano Paz *et al.*, en prensa). Resulta imprescindible profundizar la interacción entre geólogos (especialmente aquellos familiarizados con el contenido fosilífero) y paleontólogos especializados en dinosaurios, ya que este trabajo multidisciplinario, en el que también intervengan paleobotánicos paleoinvertebradólogos, podrán llegar a dilucidarse aspectos complejos de la evolución de los ecosistemas mesozoicos, de los que los dinosaurios formaron parte.

## PERSPECTIVAS

Desde que José Bonaparte diera un fuerte impulso al estudio de los dinosaurios patagónicos en los años ochenta a esta parte, se han sucedido numerosos y notables descubrimientos, los cuales han permitido completar y modificar el conocimiento del grupo que se tenía por esos años. Se han generado nuevas líneas de investigación a partir de la utilización de nuevas tecnologías, abriendo nuevas perspectivas de conocimiento, disponibles hasta hace solo unas pocas décadas. La paleoosteohistología de dinosaurios, iniciada en nuestro país por Ignacio Cerda (Museo de Cipolletti y Universidad Nacional de Río Negro), y la paleoneurología, impulsada por Ariana Paulina Carabajal del Instituto de Investigaciones en Biodiversidad y Medioambiente (INIBIOMA) y el Museo Paleontológico de Bariloche, se han consolidado en los últimos años, generando un cuerpo de conocimientos que ya cuenta con un número creciente de jóvenes becarios e investigadores.

Hay que decir también que la paleontología de dinosaurios, como la ciencia en general, las cuales son parte de la actividad económica y social del país, no han estado ajenas a los vaivenes económicos, sociales y políticos. En este sentido, la normalización en el sistema de otorgamiento de becas doctorales y el sistema de ingresos a la carrera del investigador y personal de apoyo al CONICET, así como la creación de nuevas universidades e instituciones científicas, ha generado, en los últimos 20 años, un clima más favorable para el desarrollo de la disciplina que el que existía en los años 80 y 90.

Hoy conocemos mucho acerca de los dinosaurios patagónicos. Hemos ampliado nuestros conocimientos sobre su anatomía y biología, y hemos ido llenando las partes faltantes de su frondoso gran árbol filogenético. No obstante, aún estamos muy lejos de conocer la totalidad de formas dinosaurianas que evolucionaron a lo largo de casi 175 millones de años en nuestro planeta. La paleontología es, sin dudas, una ciencia con un promisorio futuro, basado en los nuevos hallazgos que nadie imagina, y que solo surgirán mediante renovadas exploraciones a estos inmensos yacimientos patagónicos.

## Referencias y Bibliografía

Agnolin, F. L., Powell, J. E., Novas, F. E. y Kundrát, M. (2012). New alvarezsaurid (Dinosauria, Theropoda) from uppermost Cretaceous of north-western Patagonia with associated eggs». *Cretaceous Research* 35: 33–56

Agnolin, F. L., Motta, M. J., Brisson Egli, F., Lo Coco, G. y Novas, F. E. (2019). Paravian Phylogeny and the Dinosaur-Bird Transition: An Overview. *Frontiers in Earth Science*, 6(252), doi: 10.3389/feart.2018.00252.



Apesteguía, S. (2004). *Bonitasaura* Salgado gen. et sp. nov.: a beaked sauropod from the Late Cretaceous of Patagonia. *Naturwissenschaften* 91: 493–497.

Apesteguía S., Smith N. D., Juárez Valieri, R. D. y Makovicky P. J. (2016). An Unusual New Theropod with a Didactyl Manus from the Upper Cretaceous of Patagonia, Argentina». *PLoS ONE* 11 (7): e0157793. doi:10.1371/journal.pone.0157793

Bonaparte, J. F. (1979). *Dinosaurs: A Jurassic Assemblage from Patagonia*. *Science* 205: 1377–1379.

Bonaparte, J. F. (1991). The fossil vertebrates of the Rio Colorado Formation, of the city of Neuquén and surroundings, Upper Cretaceous, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales ``Bernardino Rivadavia e Instituto Nacional de las Ciencias Naturales*. *Paleontología* 4 p. 17–123.

Bonaparte, J. F. (1996). *Cretaceous Tetrapods of Argentina*. *Muenchner Geowissenschaftliche Abhandlungen* 30A: 73–130.

Bonaparte, J. F. y Coria, R. A. (1993). Un nuevo y gigantesco saurópodo titanosaurio de la Formación Río Limay (Albiano-Cenomaniano) de la Provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 30 (3): 271–282.

Bonaparte, J. F. y Novas, F. E. (1985). *Abelisaurus comahuensis*, n. g., n. sp., Carnosauria del Cretácico Tardío de Patagonia. *Ameghiniana* 21: 259–265.

Calvo, J. O., Porfiri, J. D., González Riga, B. J., y Kellner, A. W. (2007a). A new Cretaceous terrestrial ecosystem from Gondwana with the description of a new sauropod dinosaur. *Anais Academia Brasileira Ciencia* 79(3): 529–41.

Calvo, J. O., Porfiri, J. D. y Novas, F. E. (2007b). Discovery of a new ornithomimid dinosaur from the Portezuelo Formation (Upper Cretaceous), Neuquén, Patagonia, Argentina. *Arquivos do Museu Nacional* 65: 471–483.

Calvo, J. O., González Riga, B. J. y Porfiri, J. D. (2007c). A new titanosaur sauropod from the Late Cretaceous of Neuquén, Patagonia, Argentina. *Arquivos do Museu Nacional, Rio do Janeiro*, 65(4): 485–504.

Carballido, J. L., Pol, D., Otero, A., Cerda, I. A., Salgado, L., Garrido, A. C., Ramezani, J., Cúneo, R. N., Krause, M. (2017). A new giant titanosaur sheds light on body size evolution among sauropod dinosaurs. *Proceedings of the Royal Society B*. 284: 20171219.

Casal, G., Martínez, D., Luna, C. M. e Ibiricu, L. M. (2016). Ordenamiento y caracterización faunística del Cretácico superior del Grupo Chubut, Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista Brasileira de Paleontologia* 19(1): 53–70.

Chiappe, L. M. y Coria, R. A. (2005). Auca Mahuevo, un extraordinario sitio de nidificación de dinosaurios saurópodos del Cretácico Tardío, Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 41(4): 591–596.

Chiappe, L. M., Salgado, L. y Coria, R. A. (2001). Embryonic skulls of Titanosaur sauropod dinosaurs. *Science* 293: 2444–2446.

Coria, R. A. y Calvo, J. O. (2002). A new iguanodontian ornithopod from Neuquen Basin, Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22(3): 503–509

Coria, R. A. y Currie, P. (2006). A new carcharodontosaurid (Dinosauria, Theropoda) from the Upper Cretaceous of Argentina. *Geodiversitas* 28 (1): 71–118.

Coria, R. A., Chiappe, L. M. y Dingus, L. (2002). A new close relative of *Carnotaurus sastrei* Bonaparte 1985 (Theropoda: Abelisauridae) from the Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 22 (2): 460–465.

Coria, R. A. y Salgado, L. (2000). Los Dinosaurios de Ameghino. En Vizcaíno, S. (Ed.) *Obra de los Hermanos Ameghino*. Publicación Especial Universidad Nacional de Luján. Pp.43–49.

Coria, R. A. y Salgado, L. (2005). Mid-Cretaceous turnover of saurischian communities: evidence from the Neuquén Basin. Pp. 317–327 en: Veiga, G. Spalletti, L., J. A. Howell y E. Schwartz (eds.), *The Neuquén Basin: A Case Study in Sequence Stratigraphy and Basin Dynamics*. Special Publications of the Geological Society 252.

Coria, R. A. y Currie, P. J. (2016.) A New Megaraptoran Dinosaur (Dinosauria, Theropoda, Megaraptoridae) from the Late Cretaceous of Patagonia. *PLoS ONE* 11(7): e0157973. doi:10.1371/journal.pone.0157973.

Coria, R. A., y L. Salgado. (1996). A basal iguanodontian (Ornithischia: Ornithopoda) from the Late Cretaceous of South America. *Journal of Vertebrate Paleontology* 16: 445–457.

Coria, R. A., Windholz, G. J., Ortega, F. y Currie, P. J. (2019). A new dicraeosaurid sauropod from the Lower Cretaceous (Mulichinco Formation, Valanginian, Neuquén Basin) of Argentina, *Cretaceous Research*, Volume 93: 33–48.

Cruzado-Caballero, P. y Powell, J. E. (2017). *Bonapartesaurus rionegrensis*, a new hadrosaurine dinosaur from South America: implications for phylogenetic and biogeographic relations with North America. *Journal of Vertebrate Paleontology*. DOI: 10.1080/02724634.2017.1289381.

Cruzado-Caballero, P., Gasca, J. M., Filippi, L. S., Cerda, I. A. y Garrido, A. C. (2019). A new ornithopod dinosaur from the Santonian of Northern Patagonia (Rincón de los Sauces, Argentina), *Cretaceous Research* 98: 211–229.

Filippi, L., Salgado, L. y Garrido, A. C. (2019). A new giant basal titanosaur sauropod in the Upper Cretaceous (Coniacian) of the Neuquén Basin, Argentina. *Cretaceous Research* 100: 61–81.

Garrido, A. C. (2010). Estratigrafía del Grupo Neuquén, Cretácico Superior de la Cuenca Neuquina (Argentina): nueva propuesta de ordenamiento litoestratigráfico. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "B. Rivadavia"*, 12(2):121–177.

Filippi, L. S., Méndez, A. H., Juárez Valieri, R. D. y Garrido, A. C. (2016). A new brachyrostran with hypertrophied axial structures reveals an unexpected radiation of latest Cretaceous abelisaurids. *Cretaceous Research* 61: 209–219.

Filippi, L. S., Canudo, J. I., Salgado, L., Garrido, A. C., García, R. A., Cerda, I., y Otero, A. (2011). A new sauropod titanosaur from the Plottier Formation (Upper Cretaceous) of Patagonia. *Geologica Acta* 9 (1): 1–12.

Gallina, P. A. y Apesteguía, S. (2011). Cranial anatomy and phylogenetic position of the titanosaurian sauropod *Bonitasaura salgadoi*. *Acta Palaeontologica Polonica* 56 (1): 45–60.

Gallina, P. A. y Apesteguía, S. (2015). Postcranial anatomy of *Bonitasaura salgadoi* (Sauropoda, Titanosauria) from the Late Cretaceous of Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology*. [http:// dx.doi.org/10.1080/02724634.2014.924957](http://dx.doi.org/10.1080/02724634.2014.924957)

Gallina, P. A., Apesteguía, S., Haluza, A.; Canale, J. I. (2014). A Diplodocid Sauropod Survivor from the Early Cretaceous of South America. *PLoS ONE* 9 (5): e97128.

Gallina, P. A., Apesteguía, S., Canale, J. I. et al. (2019) A new long-spined dinosaur from Patagonia sheds light on sauropod defense system. *Scientific Reports* 9, 1392. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37943-3>.

Gasparini, Z. B. (2016). Buscando Reptiles Meso-Cenozoicos desde el Caribe a la Antártida. *Ciencia e investigación - Reseñas* 4: 32–46.

Gianechini, F. A., Méndez, A. H., Filippi, L. S., Paulina-Carabajal, A., Juárez-Valieri, R. D., y Garrido, A. C. (2020). A new furileusaurian abelisaurid from La Invernada (Upper Cretaceous, Santonian, Bajo de la Carpa Formation), northern Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology* 40:6, DOI: 10.1080/02724634.2020.1877151.

Martinelli, A. G. y Forasiepi, A. M. (2004). Late Cretaceous vertebrates from Bajo de Santa Rosa (Allen Formation), Rio Negro province, Argentina, with the description of a new sauropod dinosaur (Titanosauridae). *Revista Museo Argentino de Ciencias Naturales, nueva serie*, 6, 2, 257–305.

Novas, F. E. (1998). *Megaraptor namunhuaiquii*, gen. et sp. nov., a large-clawed, Late Cretaceous theropod from Patagonia. *Journal of Vertebrate Paleontology* 18 (1): 4–9

Novas, F. E. and Molnar, R. E. (eds.) (1996). Alvarezsauridae, Cretaceous basal birds from Patagonia and Mongolia. *Proceedings of the Gondwanan Dinosaur Symposium, Brisbane. Memoirs of the Queensland Museum* 39(3):iv + 489–731; 675–702.

Novas, F. E. y Pol, D. (2005). New evidence on deinonychosaurian dinosaurs from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature* 433: 858–861.

Novas, F. E. y Puerta, P. F. (1997). New evidence concerning avian origins from the Late Cretaceous of Patagonia. *Nature* 387: 390–2.

Novas, F. E.; Cambiaso, A. V. y Ambrosio, A. (2004). A new basal iguanodontian (Dinosauria, Ornithischia) from the Upper Cretaceous of Patagonia. *Ameghiniana*. 41 (1): 75–82.

Novas, F. E., Salgado, L., Calvo, J. O. y Agnolin, F. (2005). Giant titanosaur (Dinosauria, Sauropoda) from the Late Cretaceous of Patagonia. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 7(1): 37–41.

Novas F. E., De Valais S., y VickersRich P. y Rich T. (2005). A large Cretaceous theropod from Patagonia, Argentina, and the evolution of carcharodontosaurids. *Naturwissenschaften* 92: 226–230.

Novas, F. E., Pol, D., Canale, J. I., Porfiri, J. D. y Calvo, J. O. (2008). A bizarre Cretaceous theropod dinosaur from Patagonia and the evolution of Gondwanan dromaeosaurids. *Proc. R. Soc. B* doi:10.1098/rspb.2008.1554.

Novas, F. E., Ezcurra, M. D., y Lecuona, A. (2008). *Orkoraptor burkei* nov. gen. et sp., a large theropod from the Maastrichtian Pari Aike Formation, Southern Patagonia, Argentina. *Cretaceous Research*, doi 10.1016/j.cretres.2008.01.001

Novas, F. E. (2009). *The Age of Dinosaurs in South America*. Indiana University Press, Bloomington, Indiana, 450 pp.

Novas, F. E. (2018). *Chilesaurus diegosuarezi*, un rompecabezas evolutivo. “Los Dinosaurios y su Tiempo”. *Ciencia Hoy* vol. 27 número 159

Novas, F. E., Agnolin, F., Brissón Egli, F., y Lo Coco, G. E. (2020). Chapter 14. Pectoral Girdle Morphology in Early-Diverging Paravians and Living Ratites: Implications for the Origin of Flight. Pp. 345– 353. In: Pittman, M. & Xu, X. (eds.). Pennaraptoran theropod dinosaurs past progress and new frontiers. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 440: 1–353.

Novas, F., Agnolín, F., Ezcurra, M., Porfiri, J. y Canale, J. (2013). Evolution of the carnivorous dinosaurs during the Cretaceous: The evidence from Patagonia. *Cretaceous Research* 45: 174–215.

Novas, F. E., Agnolin, F. L., Motta, M. J. y Brisson Egli, F. (2021). Osteology of *Unenlagia comahuensis* (Theropoda, Paraves, Unenlagiidae) from the Late Cretaceous of Patagonia. *The Anatomical Record*, DOI: 10.1002/ar.24641.

Novas, F., Agnolín, F., Rozadilla, S., Aranciaga-Rolando, A., Brisson-Egli, F., Motta, M., Cerroni, M., Ezcurra, M., Martinelli, A., D'Angelo, J., Álvarez-Herrera, G., Gentil, A., Bogan, S., Chimento, N., García Marsá, J., Lo Coco, G., Miquel, S., Brito, F., Vera, E., Pérez Loinaze, V., Fernández, M. y Salgado, L. (2019). Paleontological discoveries in the Chorrillo Formation (upper Campanian-lower Maastrichtian, Upper Cretaceous), Santa Cruz Province, Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 21(2): 217– 293.

Novas F. E., Salgado, L., Suárez, M., Agnolin, F., Ezcurra, M., Chimento, N., De La Cruz, R., Isasi, M., Vargas, A. y Rubilar-Rogers, D. (2015). An enigmatic plant-eating theropod from the Late Jurassic of Chile. *Nature*. doi:10.1038/nature14307.

Novas, F., Agnolín, F., Rozadilla, S., Aranciaga-Rolando, A., Brisson-Egli, F., Motta, M., Cerroni, M., Ezcurra, M., Martinelli, A., D'Angelo, J., Álvarez-Herrera, G., Gentil, A., Bogan, S., Chimento, N., García Marsá, J., Lo Coco, G., Miquel, S., Brito, F., Vera, E., Pérez Loinaze, V., Fernández, M. y Salgado, L. (2019). Paleontological discoveries in the Chorrillo Formation (upper Campanian-lower Maastrichtian, Upper Cretaceous), Santa Cruz Province, Patagonia, Argentina. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales* 21(2): 217– 293.

Otero, A., Carballido, J. L., Salgado, L., Canudo, J. I., y Garrido, A. C. (2021). Report of a giant titanosaur sauropod from the Upper Cretaceous of Neuquén Province, Argentina. *Cretaceous Research* 122:104754, 11pp.

Otero, A., Cuff, A. R., Allen, V., Sumner-Rooney, L., Pol, D. y Hutchinson, J. R. (2019). Ontogenic changes in the body plan of the sauropodomorph dinosaur *Mussaurus patagonicus* reveal shifts of locomotor stance during growth. *Scientific Reports* (2019) 9:7614 | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-44037-1>.

Pol, D. y Rauhut, O. W. M. (2012). A Middle Jurassic abelisaurid from Patagonia and the early diversification of theropod dinosaurs. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279 (1741): 3170–3175.



Pol, D., Ramezani, J.; Gómez, K., Carballido, J. L., Paulina Carabajal, A., Rauhut, O. W. M., Escapa, I. H., Cúneo, N. R. (2020). Extinction of herbivorous dinosaurs linked to Early Jurassic global warming event. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 287 (1939): Article ID 20202310. doi:10.1098/rspb.2020.2310

Pol, D., Rauhut, O. W. M. y Becerra, M. (2011). A Middle Jurassic heterodontosaurid dinosaur from Patagonia and the evolution of heterodontosaurids. *Naturwissenschaften* 98 (5): 369–379. Powell, J. E. (1987). The Late Cretaceous fauna of Los Alamos, Patagonia, Argentina. Part VI. The titanosaurids. *Revista del Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernardino Rivadavia"* 3: 147–153.

Powell, J. E. (2003). Revisión of South American titanosaurid dinosaurs: palaeobiological, palaeobiogeographical and phylogenetic aspects. *Records of the Queen Victoria Museum* 111: 1–173.

Rauhut, O. W. M. (2005). Osteology and relationships of a new theropod dinosaur from the Middle Jurassic of Patagonia. *Palaeontology* 48(1): 87–110.

Rauhut O. W. M., Remes K., Fechner R., Cladera G. y Puerta P. (2005). Discovery of a short-necked sauropod dinosaur from the Late Jurassic period of Patagonia. *Nature* 435:670–672.

Rauhut, O. W. M., Pol, D. (2019) Probable basal allosauroid from the early Middle Jurassic Cañadón Asfalto Formation of Argentina highlights phylogenetic uncertainty in tetanuran theropod dinosaurs. *Sci Rep* 9, 18826. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-53672-7>.

Salgado, L. (2007). Patagonia and the study of its Mesozoic reptiles. Pp. 1–28. En Gasparini, Z., L. Salgado y R.A. Coria (Eds.). *Patagonian Mesozoic Reptiles*. Indiana University Press. Bloomington, Estados Unidos.

Salgado, L. y Bonaparte, J. F. (1991). Un nuevo saurópodo Dicraeosauridae *Amargasaurus cazau* gen. et sp. nov. de la Formación La Amarga, Neocomiano de la provincia del Neuquén, Argentina. *Ameghiniana* 28 (3–4): 333–346. Buenos Aires.

Salgado, L. y Bonaparte, J. F. (2007). Sauropodomorpha. Pp. 188–228. En Gasparini, Z., L. Salgado, y R. A. Coria (Eds.). *Patagonian Mesozoic Reptiles*. Indiana University Press. Bloomington, Estados Unidos.

Salgado, L., Canudo, J. I., Garrido, A. C., Moreno-Azanza, M., Martínez, L. C. A., Coria, R. A., y Gasca, J. M. (2017). A new primitive Neornithischia dinosaur from the Jurassic of Patagonia with gut contents. *Scientific Reports* 7:42778/DOI:10.1038/srep42778.

Salgado, L., Novas, F. E., Suárez, M., De la Cruz, R., Isasi, M., Rubilar-Rogers, D. y Vargas, A. (2015). Late Jurassic sauropods in Chilean Patagonia. *Ameghiniana* 52(4): 418–429.

Sander, P. M., Christian, A.; Clauss, M., Fechner, R., Gee, C. T., Griebeler, E-M., Gunga, H-C., Hummel, J., Mallison, H., Perry, S. F., Preuschoft, H., Rauhut, O. W. M., Remes, K., Tütken, T.; Wings, O. y Witzel, U. (2011). Biology of the sauropod dinosaurs: the evolution of gigantism. *Biol. Rev.* 85: 117–155.

Torcida Fernández-Baldor, F., Canudo, J. I., Huerta, P., Montero, D., Pereda-Suberbiola, X. y Salgado, L. (2011). *Demandasaurus darwini*, a new rebbachisaurid sauropod from the Early Cretaceous of the Iberian Peninsula. *Acta Palaeontologica Polonica* 56(3): 535–552.

Vickers-Rich, P., Rich-Thomas, H., Giménez, O., Cuneo, R., Puerta, P. y Vacca, R. (1999). A new Sauropod dinosaur from Chubut Province, Argentina. *Proceedings of the Second Gondwanan Dinosaur Symposium*. Eds. Y. Tomida, T. H. Rich & P. VickersRich, Eds. Y. Tomida, T. H. Rich & P. Vickers-Rich, National Science Museum Monographs, 15: 61–84.

## CAPÍTULO 8

### Ideas para un proyecto oceánico nacional

**Mario A.J. Mariscotti**

Academia Nacional de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales  
Tomografía de Hormigón Armado S.A.

mariscotti@thasa.com

***Palabras clave:** Plataforma continental argentina, proyecto oceánico, mar argentino.*

***Keywords:** Argentina Continental Platform, Ocean project, Argentina Sea.*

156

#### Resumen

Argentina posee una gran riqueza en su plataforma continental (y más allá de ella) que está prácticamente inexplorada e inexplorada. El Proyecto Oceánico Nacional que se propone en este documento tiene objetivos científicos, tecnológicos, económicos y sociales y aspira a que la contribución de la Argentina en el conocimiento del Mar alcance relevancia internacional.

#### Abstract

##### Ideas for a national ocean project

Argentina has considerable wealth in its continental shelf (and beyond) which is largely unexplored and unexploited. The National Oceanic Project proposed in this document has scientific and technological, as well as economic and social goals. The scientific objective is to achieve international relevance in the global knowledge of the Sea.

## INTRODUCCIÓN

En agosto de 2012 Héctor Otheguy (Gerente General de INVAP) y Juan José Gil Gerbino me propusieron que desarrollara una idea que había sido publicada años antes: que Argentina acometiera un gran proyecto científico-tecnológico referido al Mar Argentino.<sup>1</sup> Ese artículo había sido inspirado en el convencimiento de que, más allá del fortalecimiento de la actividad de CyT en el país, un proyecto científico-tecnológico de envergadura puede generar demandas tecnológicas que impulsen a la industria argentina a asumir compromisos de alto valor agregado y, a la vez, ponga a prueba, y ayude a incrementar, la capacidad del país para llevar a cabo proyectos ambiciosos que podrían ser puntales de su futuro desarrollo.

La tarea insumió un poco más de un año. Entrevisté a un número de investigadores que me brindaron su tiempo y conocimientos con estimulante interés y entusiasmo<sup>2</sup>. El documento final lleva el nombre de Proyecto Oceánico Nacional (PON), y fue editado por INVAP en 2014. (Ver detalles en Mariscotti<sup>3</sup>).

La mayor dificultad a lo largo del camino fue identificar unas pocas grandes metas en términos de resultados medibles, un atributo esencial de cualquier proyecto. Este trabajo alcanza a definir 3 metas y un camino para la primera de ellas. La definición del camino para las otras dos requiere mayor aporte de especialistas.

Este escrito responde a un pedido de la Asociación Argentina para el Progreso de las Ciencias de hacer una reseña del trabajo de 2014, por lo que indicamos a continuación sus aspectos principales.

## LA VISIÓN DEL PROYECTO

El PON debiera ser suficientemente ambicioso como para:

- Destacarse a nivel mundial por el alcance y originalidad de sus objetivos científicos-tecnológicos.
- Demandar del sector productivo nacional insumos de alto valor agregado
- Constituir un desafío que la sociedad argentina pueda apreciar como un aporte nacional de vanguardia al bienestar y al progreso social del país y de otras naciones
- En virtud de su envergadura, alcance y objetivos, el Proyecto debiera contribuir a desarrollar ventajas comparativas y competitivas, explotando las capacidades de I&D e industriales del país organizadas para:

- Obtener respuestas científico-tecnológicas a problemas, anhelos u oportunidades nacionales
- Incorporar conocimiento y estímulos en el sector privado a partir de la demanda originada en estos proyectos
- Acceder a un nivel avanzado de desarrollo científico, tecnológico e industrial del país.

El objetivo de un proyecto tecnológico autónomo de envergadura no se agota en los frutos específicos para los cuales fue concebido. Va más allá de ellos en virtud de sus múltiples efectos secundarios. El programa espacial estadounidense en la década del 60 consistió en la definición de una meta precisa a la vez que extremadamente ambiciosa, y movilizó a una Nación. Sus frutos específicos (¿que se obtuvo de la exploración Lunar?) quedan empequeñecidos al comparar éstos con las otras consecuencias de este proyecto, consecuencias éstas de carácter tecnológico, económico y político. La Argentina necesita y merece proyectos ambiciosos que restituyan a sus ciudadanos el entusiasmo de ser creativos y el orgullo de pertenecer al país. La Argentina debe utilizar el potencial intelectual que posee en función de una sociedad mejor.

## ¿Por qué un proyecto oceanográfico?

- Porque Argentina posee una de las plataformas continentales más grandes del planeta y los argentinos debemos mostrarnos capaces de controlar el ambiente marino vecino a nuestras costas y con vocación de proteger sus recursos.
- Porque la exploración del mar y los recursos submarinos se prestan a una actividad científica multidisciplinaria de envergadura que incluye la predicción de los efectos de los cambios climáticos que se hacen sentir cada vez más fuertemente y la capacidad de atenuarlos.
- Porque la exploración y explotación de los fenómenos y recursos del mar argentino ofrecen un amplio campo de desafíos aún no abordados entre los cuales está la necesidad perentoria de establecer sistemas eficaces de control sobre dichos recursos.
- Porque un proyecto de este tipo y envergadura brinda a la Argentina una oportunidad de liderar en un campo de la ciencia y la tecnología.
- Porque un proyecto de este tipo, si es adecuadamente preparado e implementado, debiera dar lugar a una fuerte tracción sobre el sector productivo



industrial del país impulsándolo a la incorporación de nuevos conocimientos

## ¿Qué objetivos?

En forma sintética podemos decir que el objetivo es lograr el “dominio” de toda la potencialidad del océano mediante una robusta actividad de ciencia y tecnología.

El proyecto debería contribuir a definir y afianzar los intereses argentinos en el mar, los derechos de soberanía y el desarrollo de una conciencia marítima nacional; para aprovechar los recursos existentes y brindar un marco conceptual para su defensa, conservación y uso en forma sostenible y sustentable.

## ¿Qué metas deseamos alcanzar en 20 años?

La definición de metas, es decir, de los resultados medibles que se desean obtener después de un cierto tiempo, es indispensable para tener éxito. Las metas son el insumo básico de una “hoja de ruta” (o Plan) con indicadores de cumplimiento año a año. Por lo tanto, las metas deben ser expresadas en términos de alguna variable que pueda ser medida a lo largo del tiempo. A diferencia de lo que ocurre con la expresión de anhelos o propósitos generales, la definición de metas específicas conduce naturalmente a la necesidad de calcular los recursos que se requieren para alcanzarlas.

Es deseable seleccionar unas pocas metas sobre las cuales focalizar todas las energías disponibles y es natural privilegiar entre metas posibles aquellas que signifiquen logros de mayor valor. Las metas deben tener relación con los objetivos del proyecto (que en nuestro caso se pueden resumir en la idea del “dominio” del océano a través del conocimiento). En cierto modo la definición de las metas de un proyecto entraña un cierto grado de arbitrariedad. En el intercambio de opiniones sobre posibles metas con los expertos consultados, ha surgido por un lado la idea de adquirir un conocimiento tan completo como sea posible de los procesos que tienen lugar en las costas, en la plataforma continental y en el océano en general y, por otro lado, de explotar los recursos energéticos del mar y de la plataforma argentina para resolver la necesidad estratégica del país de recuperar su condición de soberanía energética.

Teniendo en cuenta estas consideraciones y con la conciencia del grado de arbitrariedad ineludible que tal definición impone propusimos (en 2014) las siguientes tres metas<sup>3</sup>. La primera es de carácter científico y se refiere a la comprensión integral de los procesos y fenómenos oceanográficos. La segunda, de

carácter económico, se refiere a los recursos hidrocarburiíferos de la Plataforma Continental Argentina. La tercera, de carácter social, se refiere a la gestión de los recursos costeros.

## Meta I

En cuanto a la sustancia de la primera meta es difícil identificar indicadores cuantitativos que marquen el progreso en la “comprensión de procesos y fenómenos”. En el caso del océano el número de incógnitas, de disciplinas intervinientes y de temas diferentes es enorme. Como fue dicho más arriba el desafío es alcanzar una comprensión amplia y profunda de todos los procesos que ocurren en el mar. No sería posible decir que la meta a alcanzar en esta área es la comprensión total o completa de estos procesos porque este resultado no es alcanzable. La evolución de la ciencia indica que nunca se alcanza el final. Ha sido propuesto que la meta sea “lograr mantener funcionando un modelo bio-geo-químico-físico operativo integral del océano”, pero esta expresión no es en sí suficiente si no es acompañada por una forma de medirla. Una alternativa basada en el criterio de “relevancia” de la Argentina a nivel global es utilizar como indicador la participación argentina en la generación mundial de conocimientos en la materia, y utilizando este criterio propusimos: ***Alcanzar una posición de vanguardia en la comprensión de los procesos relativos al mar, especialmente el Mar Argentino, tal que la contribución relativa de las investigaciones realizadas en el país llegue a ser en 20 años el 5% de las publicaciones científicas indexadas a nivel mundial.***

## Meta II (ver nota 3)

En la definición de esta meta se tuvo en cuenta que en materia energética Argentina es deficitaria, en una situación similar a la del Brasil en los años 70 cuya solución es imperativa. El país posee un gran potencial hidrocarburiífero en su Plataforma Continental, en particular aquellos recientemente detectados en el área de Malvinas Sur y, dada la situación actual (2014), la explotación de estos recursos se convierte en un claro valor estratégico no sólo por su posible inmediata y significativa repercusión económica sino también por sus implicancias geopolíticas y tecnológicas si se asume la responsabilidad de satisfacer los requerimientos tecnológicos asociados. Por lo tanto, la Meta II propuesta fue: ***Duplicar en 20 años las reservas del país explotando las cuencas hidrocarburiíferas en la cuenca Malvinas Sur y otras.***<sup>4</sup>

## Meta III

Esta meta tiene el sentido de llevar a cabo una acción pionera de carácter demostrativo y ejemplar a nivel mundial orientada a proporcionar beneficios so-

ciales, económicos y ambientales a poblaciones costeras remotas. Tiene que ver con el desarrollo sustentable y autónomo de poblaciones costeras y al considerarla cabe tener en cuenta que los dos insumos más valiosos para este fin son la energía y el agua potable. “La idea consiste en identificar una localidad costera que por su ubicación geográfica se encuentre relativamente aislada o en condiciones de compleja interconexión, y sobre este espacio desarrollar un plan de manejo y gestión que contribuya a generar un nodo costero de desarrollo sustentable. Esto significa convertir una localidad en un área planificada espacialmente, dentro de la cual se apliquen las mejores tecnologías y prácticas para permitir un proceso de desarrollo sustentable”.<sup>5</sup>

Este propósito se puede llevar a cabo desarrollando fuentes de energía marítimas que satisfaga las necesidades locales e implementando un plan de manejo costero integrado, gestionando los residuos y la contaminación producto de los emprendimientos locales y minimizando sus impactos garantizando a la vez la provisión de agua dulce tanto para consumo humano como para riego. Esta tarea debiera incluir el desarrollo de una conciencia ambiental y la implementación de un proceso de responsabilidad social. Finalmente convertir el nodo en un ejemplo de gestión integrada con solidaridad social, uso de las nuevas tecnologías, sustentabilidad ambiental y desarrollo económico basado en las riquezas del mar.<sup>6</sup>

Sobre la base de estos criterios propusimos como Meta III: ***Realizar un modelo mundial de población costera auto sustentable en base al océano.***

Naturalmente que el cumplimiento de estas metas está atado a la disponibilidad de recursos humanos (principalmente), físicos y económicos. Los recursos estimados para realizar la Meta I se discuten más abajo.

## Componentes institucionales para llevar a cabo el PON (Ver detalles en Mariscotti<sup>7</sup>)

1. Debe existir una entidad rectora del programa (**Comisión o Agencia Nacional del Mar**), como ente descentralizado autárquico del Estado. Esta Comisión/Agencia estaría conducida por un Directorio integrado por un Presidente Ejecutivo y 8 miembros, de los cuales la mitad serían investigadores activos en materias vinculadas al océano y las costas, 1 representante de las provincias costeras, 1 representante de poblaciones costeras, 1 representante de la industria y 1 representante del área de hidrocarburos. Entre sus funciones principales estarían: la elaboración del Plan Oceanográfico Nacional; articulación con la Red Institucional (ver punto 4 de esta sección); financiar el Plan a través de concursos competitivos de proyectos; organizar evaluaciones periódicas e independientes de la marcha del Plan; financiar

las carreras universitarias relevantes al plan (ver Recursos Humanos más abajo) y el Observatorio Integrado del Mar (punto 3 de esta sección).

2. **Centro Nacional de Tecnologías del Mar (CETEMA).** Uno de los objetivos de este proyecto es que la actividad científica a llevarse a cabo genere una demanda tecnológica importante y que ésta sea atendida dentro de lo posible y en la medida de lo razonable por capacidades locales tanto en los organismos públicos (principalmente en lo respecta a los desarrollos más básicos) como por la industria local. De este modo no sólo el proyecto deberá contribuir a incorporar conocimiento en las cadenas de valor industriales argentinas, sino que también podrá situar al investigador más cerca del proveedor de las herramientas e instrumentos que necesita logrando un ciclo de realimentación positivo y una reducción de los tiempos de entrega tradicionales ya sea para equipos nuevos como para los servicios de mantenimiento. Este Centro debe operar como un “almacén” de equipos, responsable de su mantenimiento y calibración, con la misión de dar soporte para las campañas y de desarrollar instrumental de alta tecnología de acuerdo a las necesidades y resolver problemas prácticos que se presentan muchas veces durante las campañas marítimas. Esta organización debiera suplir la necesidad de utilizar equipos importados cuyo mantenimiento requiere de la asistencia de técnicos extranjeros que es costosa y toma tiempo.
3. **Observatorio Integrado del Mar.** Este ente debe asumir la responsabilidad de recolectar y mantener actualizada una amplia base de datos marítimos y costeros asegurando el registro de observaciones de largo plazo. El observatorio debe ser una organización “operativa” que recoge y almacena datos en forma semiautomática. Esta organización debe combinar la capacidad de realizar pronósticos de corto plazo, por ejemplo, para atender siniestros (derrames, naufragios) con la capacidad de la observación ambiental sostenida y permanente aportando a la acción que en este sentido realizan otras organizaciones mundiales en otras regiones.
4. **Red institucional.** Esta Red estará constituida por todas las instituciones vinculadas al Mar que deseen participar de la misma y atender voluntariamente a requerimientos del Plan. Es responsabilidad de la Comisión/Agencia concursar recursos financieros entre los integrantes de la Red para llevar a cabo las tareas previstas en el Plan. Este mecanismo debiera ser independiente de los canales y fuentes de financiación ordinarias de las instituciones a los cuales no debiera afectar de ningún modo. El documento original incluye un listado preliminar de 16 instituciones públicas y privadas que podrían integrar esta Red.

## Recursos humanos para la Meta I

Los recursos humanos constituyen el pilar fundamental del Plan. La estimación del número de investigadores necesarios para cumplir con la META I fue hecha sobre la base de los siguientes datos y suposiciones (2014): El número de científicos en el mundo se estima en 5,8 millones. En la Argentina se han supuesto 30 mil. Por lo tanto, el porcentaje de científicos en Argentina respecto al mundo es 0,5%. Es interesante que el número relativo de publicaciones es parecido, 0,55%. Esto sugiere que existe una correlación bastante firme entre recursos humanos y publicaciones, de modo que alcanzar un cierto porcentaje de publicaciones a nivel mundial en una cierta área puede suponerse equivalente a alcanzar el mismo porcentaje de científicos en esa área. En consecuencia, el cumplimiento de la META I requiere multiplicar (aproximadamente) por 10 el número de científicos dedicados al océano en 20 años. En 2014 estimamos que el número de científicos argentinos dedicados al océano es del orden de 600. Este número sale de observar que tanto los gastos en I&D en el rubro “exploración y explotación de la tierra” como el porcentaje de proyectos en este rubro es del orden del 4% del total y de suponer, además, que quienes se dedican al océano son del orden de la mitad del total en el mencionado rubro. Por lo tanto, el número de científicos para cumplir con la META I en 20 años, asumiendo un crecimiento global del 1,5% anual, debiera ser  $600 \times 10 \times (1,015)^{20} \sim 8000$ .

Asimismo hemos supuesto que la formación intensiva de nuevos recursos humanos dedicados al océano requiere 5 años, es decir, que el crecimiento significativo del número de científicos en condiciones de producir investigación original, comenzará en el año 6 del Plan, y que la tasa de abandono será del 15% (por eso el número total de egresados que se muestra en la siguiente tabla es de 9200). Para el cálculo del costo de la formación de estos científicos se ha supuesto 5 años de estudio; 5 materias por año; 20 alumnos por clase; 2 docentes auxiliares por profesor; sueldos (incluyendo cargas sociales) de 60 y 30 KUSD/año para profesor y docente auxiliar, respectivamente; costo de infraestructura igual a costo salarial docente. El número y costo por año se muestra en la siguiente tabla donde el TOTAL bajo PRESPUESTO incluye sueldos e infraestructura:

## Costos estimados del proyecto (Ver detalles en Mariscotti<sup>7</sup>)

Algunos de los valores mencionados más abajo han sido obtenidos en las diversas consultas efectuadas, otros son estimaciones del autor que deben ser avaladas por los especialistas. Los montos no incluyen los presupuestos de las diversas instituciones vinculadas con el océano y las costas ni los de YPF e YTEC, pero si incluyen el costo de 2 plataformas más la exploración y relevamiento sísmico 3D fino en la Cuenca de Malvinas Sur. Los rubros considerados son:



1. Costo de la formación de investigadores en 20 años, según lo indicado más arriba es de 2.600 MU\$ con un promedio anual de 130 MU\$.
2. Costos de equipamiento principal incluyendo 2 plataformas, 2 barcos con instrumental, 6 campañas marítimas por año, 20 boyas con instrumental, 20 estaciones de comunicaciones, mantenimiento y operaciones, servicios satelitales, 10 ecosondas, 5 generadores de energía marítima, 40 radares costeros HF y 1 exploración sísmica Malvinas Sur, totalizan 1.542,4 MU\$ en 20 años con una carga presupuestaria anual máxima (primer año) de aproximadamente 180 MU\$.
3. Presupuestos institucionales (referidos a las entidades a crearse para llevar a cabo el proyecto – ver más abajo) se han estimados en 200 MU\$/año.

Sumados estos 3 rubros el costo anual del proyecto, en números redondos es de 500 MU\$.

Tabla

AÑO	NUMERO DE INVESTIGADORES			PRESUPUESTO (KU\$)			
	INGRESANTES	EGRESADOS	TOTAL	ALUM-AÑO	PROF AÑO	SUELDOS	TOTAL
1	120	0	600	120	30	3593	7186
2	144	0	600	263	66	7903	15805
3	172	0	600	436	109	13073	26146
4	207	0	600	643	161	19275	38550
5	248	0	600	891	223	26715	53430
6	298	120	720	1068	267	32048	64095
7	357	144	863	1281	320	38444	76888
8	428	172	1036	1537	384	46118	92235
9	514	207	1243	1844	461	55323	110645
10	616	248	1491	2212	553	66365	132730
11	739	298	1788	2654	663	79612	159223
12	887	357	2145	3183	796	95502	191004
13	1064	428	2573	3819	955	114564	229129
14	1276	514	3087	4581	1145	137431	274863
15	1530	616	3703	5495	1374	164863	329725
16	0	739	4442	4756	1189	142691	285382
17	0	887	5328	3870	967	116094	232188
18	0	1064	6392	2806	702	84188	168376
19	0	1276	7668	1530	383	45914	91828
20	0	1530	9198	0	0	0	0

## Hoja de ruta para los primeros dos años del proyecto

Los pasos sugeridos son:

1. Revisión crítica del PON (Ver detalles en Mariscotti<sup>7</sup>) mediante convocatoria a especialistas e interesados, En lo que se refiere a la Meta II debe consultarse a los entes representativos del área hidrocarburífera.
2. Elaboración de estatutos y borrador de decreto de creación de la entidad responsable de elaborar el Plan (Comisión/Agencia Nacional de Mar).
3. Elaboración del Plan y ejecución una vez aprobado. En lo que se refiere a la Meta II el Plan debe contar con la participación activa y liderazgo de YPF e YTEC.
4. Iniciar la formación de recursos humanos formulando planes de estudio. Iniciar programa de financiación de carreras por concursos entre las universidades argentinas. Si fuera necesario crear institutos de formación.
5. Establecer acuerdos de colaboración con universidades y organismos extranjeros.
6. Crear Centro Nacional de Tecnologías para el Mar.
7. Creación del Observatorio Integrado del Mar.
8. Poner en marcha el sistema de financiamiento de proyectos de acuerdo al Plan.

## COMENTARIOS FINALES

Como fue ya mencionado, el detalle del PON puede verse en (Ver detalles en Mariscotti<sup>7</sup>). Ese documento tiene 3 partes principales: la primera expone la “visión” del proyecto, las áreas de interés (científica, económica, social y tecnológica-industrial), las metas y la hoja de ruta para los dos primeros años; la segunda parte expone la organización que debiera tener este proyecto, la infraestructura tecnológica (satélites, radares, boyas, submarinos, barcos, plataformas y otros instrumentos), los recursos humanos y la estimación presupuestaria; la tercera parte describe los aspectos principales que hacen al océano, el clima y el ambiente, la exploración submarina, la geología, hidrocarburos, tipos de energía oceánica, minerales, pesca y cuestiones legales-jurídicas. Finalmente se incluye una reseña de los rasgos salientes de los planes oceánicos de EEUU, China y Canadá.

Poco antes de concluir este trabajo el Gobierno lanzó el programa Pampa Azul, una iniciativa sumamente auspiciosa que en coincidencia con las consideracio-

nes que hemos hecho al comienzo de este documento, consideramos de enorme valor para el país y para el “dominio” de este gran patrimonio que tiene la Argentina que es su plataforma continental (y más allá de ella gracias al trabajo de la comisión COPLA que determina que la superficie marítima bajo jurisdicción argentina es 2,6 veces su superficie continental).

Reiterando lo dicho más arriba, además de la importancia de estudiar el océano y sacar frutos del enorme patrimonio nacional en este campo, consideramos importante que la sociedad argentina se “anime” a encarar grandes proyectos convocantes, ambiciosos en sus metas y desafiantes en su desarrollo, “aprendiendo” a organizarse, constituyendo equipos de trabajo eficientes, ganando experiencia en la planificación a mediano y largo plazo y mejorando sus capacidades de gestión. Es la formulación de Políticas de Estado y sus respectivos Proyectos Nacionales lo que hace progresar una sociedad, sacando el máximo provecho de todo su potencial. Este es el motivo inspirador de este trabajo. El monto de US\$ 500 millones por año es significativo para cualquier institución del área de CyT argentina, pero no lo es para un país que anhela ser actor relevante en las fronteras del conocimiento cuyo PBI es 800 veces superior a esa cifra.

## Notas

1. Apostemos al Mar, La Prensa, Ciencia y Tecnología, 2 de septiembre de 1993. Entrevista de E. Calvo Sans al autor.
2. Marcelo Acha, Frida Armas-Pfirter, Javier Beron Vera, Demetrio Boltovskoy, Alejandro Ceccatto, Alberto Dojas, Horacio Ezcurra, Raúl Fernández, Silvia Garzoli, Marta Ghidella, Gustavo Goñi, Jorge Marcovecchio, Hermes Mianzan, Josefina Olascoaga, Gerardo Perillo, Alberto Piola, Victor Ploszkiewicz, Jorge Rabassa, Víctor Ramos, Martín Saraceno, Enrique Schnack, Claudia G. Simionato, Mateo Turic y Javier Valladares.
3. La Meta II, referida a la producción de hidrocarburos debiera ser revisada en la actualidad por los especialistas.
4. Agradezco a Víctor Ramos la sugerencia y aporte para la definición de esta Meta II.
5. Comunicación de Javier Valladares a quien agradezco la sugerencia y aporte en relación a esta Meta III.
6. Idem ref.
7. [https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/05/MARISCOTTI-Proyecto\\_Oceánico\\_Nacional.pdf](https://aargentinapciencias.org/wp-content/uploads/2021/05/MARISCOTTI-Proyecto_Oceánico_Nacional.pdf)

## CAPÍTULO 9

# Interacciones a largo plazo de los mamíferos marinos con la especie humana en la Patagonia Atlántica, en un contexto del cambio climático

**Enrique Alberto Crespo**

Laboratorio de Mamíferos Marinos  
Centro Nacional Patagónico (CONICET)  
Puerto Madryn, Argentina

crespocnp@gmail.com

**Palabras clave:** *Mar Argentino, Patagonia Atlántica, Lobo marino común, Otaria flavescens, lobo fino sudamericano, Arctocephalus australis, ballena franca austral.*

**Keywords:** *Argentine Sea, Atlantic Patagonia, South American sea lion Otaria flavescens, South American fur seal, Arctocephalus australis, southern right whale Eubalaena australis.*

167

## Resumen

Los mamíferos marinos se encuentran entre los principales depredadores del océano. El Mar Argentino es el hogar del lobo marino común, el lobo fino sudamericano, la ballena franca austral, el elefante marino austral y otras especies de ballenas y delfines. Estas especies fueron cazadas por los pueblos nativos que poblaron la costa hasta que los europeos colonizaron América del Sur. Desde entonces han sido intensamente explotados por ingleses, franceses, holandeses, portugueses, belgas y españoles, y más tarde por los argentinos (siglos XVII al XX). La reducción de sus poblaciones provocó desequilibrios en la estructura del ecosistema. La protección llegó a la ballena franca en la década de 1920 y al resto en la década de 1960. Los signos de recuperación solo se detectaron en la década de 1990 para las ballenas francas y los lobos marinos comunes, y en el siglo XXI para los lobos finos. Sin embargo, el ecosistema ya no era el mismo. Durante la década de 1960, cuando cesó la explotación de los mamíferos marinos, la mortalidad incidental apareció como un nuevo problema para las especies costeras. Se

implementaron diferentes tipos de artes de pesca en el mar. La pesca en alta mar en la década de 1980, en particular la pesca de arrastre de fondo, extrajo enormes cantidades de biomasa del océano y produjo cambios notables en la comunidad marina. Muchas especies comerciales extraídas por la pesca son en su mayoría presas de mamíferos y aves. Los lobos comunes han aumentado su población a un tercio del K original y las ballenas francas a un décimo; se desconocen los de los lobos finos y los elefantes. La biomasa liberada por la reducción de lobos marinos desencadenó el crecimiento de la población de pingüinos, otras aves y delfines. Durante la década de 1990, las ballenas francas demostraron una dependencia de la densidad a través de una mayor tasa de mortalidad y una disminución de la tasa de incremento, y los lobos comunes una reducción en el tamaño del cuerpo. El aumento de las poblaciones de pinnípedos posiblemente desencadenó el aumento de la población de orcas. En cuanto a los cambios que se han detectado vinculados al cambio climático, pocos se han documentado en las poblaciones que viven en las aguas del Atlántico Sudoccidental, en su mayoría relacionadas con el Océano Circumpolar Antártico. El crecimiento del krill antártico e indirectamente en los depredadores dependientes del krill está negativamente relacionado con la temperatura, y la biomasa refleja la variabilidad en las condiciones oceanográficas. Las anomalías positivas de la temperatura en el Pacífico tropical y las Islas Georgias mostraron que existen fuertes vínculos entre la biomasa de krill durante el período invernal anterior y el desempeño reproductivo reducido de los lobos marinos antárticos y los pingüinos papúa. Existe una fuerte relación entre el éxito reproductivo de las ballenas francas y las anomalías de la temperatura en las Islas Georgias del Sur en el otoño del año anterior. En cuanto al futuro de estos depredadores de alto nivel trófico, queda pendiente encontrar un acuerdo en un futuro cercano que permita encontrar un uso sostenible de los recursos pesqueros en cuanto a la cantidad de biomasa extraíble y el mantenimiento de las poblaciones de depredadores tope en un equilibrio a largo plazo.

## Abstract

### Long-term interactions of marine mammals with the human species in Atlantic Patagonia, in a context of climate change

Long-term interactions of marine mammals with the human species in Atlantic Patagonia, in a context of climate change Marine mammals are among the top predators in the ocean. The Argentine Sea is home to the South American sea lion, the South American fur seal, the southern right whale, the southern elephant seal and other species of whales and dolphins. These species were hunted by native peoples that populated the coast until the Europeans colonized South America. Since then, they have been intensively exploited by the English, French, Dutch, Portuguese, Belgian and Spanish, and later by the Argentines (17th to 20th centuries). Marine mammal population reductions caused imbalances in the structure of the ecosystem. Protection reached the right whale in the 1920s and for the rest in the 1960s. Signs of recovery were only detected in the 1990s for right whales and sea lions, and in the 21st century for fur seals. However, the ecosystem was no longer the same. During the 1960s, at the



time the exploitation of marine mammals ceased, incidental mortality appeared as a new problem for coastal species. Different type of fishing gear were implemented at sea. High seas fisheries in the 1980s, in particular bottom trawling, removed huge amounts of biomass from the ocean and produced remarkable changes in the marine community. Many commercial species extracted by fishing are mostly prey of mammals and birds. Sea lions have increased their population to one third of the original  $K$  and right whales to one tenth; that of fur seals and elephant remain unknown. The biomass released by the reduction of sea lions triggered the population growth of penguins, other birds and dolphins. During the 1990s, right whales have evidenced density-dependence through an increased mortality rate and a declining rate of increase, and sea lions a reduction in body size. The increase in pinniped populations possibly triggered the increase in killer whales population. Regarding the changes that have been detected linked to climate change, few have been documented in the populations that live in the waters of the Southwestern Atlantic, mostly related to the Antarctic Circumpolar Ocean. Antarctic krill growth and indirectly on krill-dependent predators are negatively related with temperature, with biomass reflecting variability in oceanographic conditions. Positive temperature anomalies in the tropical Pacific and the Georgia Islands showed that there are strong links between krill biomass during the previous winter period and reduced reproductive performance of Antarctic fur seals and gentoo penguins. There is a strong relationship between the reproductive success of right whales and SST anomalies in the South Georgia Islands in the fall of the previous year. Regarding the future of these high trophic level predators, it is pending to find an agreement in the near future that will make possible to find a sustainable use of fishery resources in terms of the amount of extractable biomass and the maintenance of top predator populations in a long run balance.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se revisan los datos existentes de distribución, estimaciones de población y tendencia de las especies más conspicuas de pinnípedos y cetáceos en el Mar Argentino, en particular el ecosistema patagónico, explorando la alimentación y el consumo poblacional de presas a través del tiempo. El trabajo se centra en los lobos marinos comunes y finos, la ballena franca austral y algunas especies de delfines, la franciscana, los delfines oscuros y la tonina overa. También aborda las interacciones de estas especies con los humanos a lo largo del tiempo, desde el uso por parte de los pueblos aborígenes hasta la colonización europea que llevó muchas especies al borde de la extinción, su reciente recuperación, el surgimiento de nuevos problemas con la pesca y el turismo como estrategia de conservación y los riesgos potenciales del cambio climático. En cuanto al cambio climático solo se han documentado pocos casos de efectos sobre las poblaciones en especies del Atlántico sudoccidental, en su mayoría relacionadas con el Océano Austral al que está conectado por corrientes de agua que, a su vez, transportan nutrientes al norte. Varias especies están conectadas a ambas áreas alimentándose y reproduciéndose como la ballena franca austral. Debe alcanzarse un potencial equilibrio sostenible del océano entre el uso que hace el hombre por medio de la pesca y otras actividades y la sostenibilidad de los principales depredadores.

## ENSAMBLE DE ESPECIES DE MAMÍFEROS MARINOS Y SUS CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS

El estrato superior de la cadena trófica en lo que concierne a los mamíferos marinos que viven en la plataforma patagónica, incluye varias especies de pinnípedos y cetáceos. La mayoría de estos extienden su rango de distribución a mares tropicales o subtropicales, a través de aguas subantárticas o más allá de la plataforma en aguas profundas del océano, todos ellos en el Atlántico Sudoccidental. Entre los pinnípedos principales se incluyen el lobo marino común (*Otaria flavescens*) (Fig. 1), el lobo fino (*Arctocephalus australis*) (Fig. 2) y el elefante marino del sur (*Mirounga leonina*) (Fig. 3), que viven, se alimentan y se reproducen en poblaciones locales en el Mar Argentino o forman parte de rangos de distribución (Crespo et al. 2007). De forma ocasional y esporádica aparecen focas antárticas (cangrejera *Lobodon carcinophagus*, Weddell *Leptonychotes weddellii*; focas leopardo *Hydrurga leptonyx*) y lobos finos (antárticos *A. gazella* y subantárticos *A. tropicalis*) que atraviesan el Mar Argentino como individuos erráticos (Crespo 2009).

Entre los cetáceos hay pocas especies que utilizan las aguas patagónicas para alimentarse y reproducirse, como la ballena franca austral (*Eubalaena australis*) (Fig. 4) y varias especies de pequeños cetáceos como el delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*) (Fig. 5), el delfín austral (*L. australis*), el delfín común



**Figura 1.** Lobo marino común *Otaria flavescens*.





**Figura 2.** Lobo marino fino *Arctocephalus australis*.



**Figura 3.** Elefante marino del sur *Mirounga leonina*.





**Figura 4.** *Ballena franca austral Eubalena australis.*



**Figura 5.** *Delfín oscuro Lagenorhynchus obscurus.*



**Figura 6.** *Delfín común Delphinus delphis.*



**Figura 7.** *Tonina overa Cephalorhynchus commersonii.*



(*Delphinus delphis*) (Fig. 6), el delfín mular (*Tursiops truncatus*) y la tonina o vera (*Cephalorhynchus commersoni*) (Fig. 7) (Crespo et al. 2007). Al igual que los pinnípedos, algunos otros cetáceos tienen rangos de distribución más amplios o cosmopolitas pero tienen poblaciones locales en aguas patagónicas, como ser, la orca (*Orcinus orca*) (Fig. 8), el delfín piloto (*Globicephala melas*), la falsa orca (*Pseudorca crassidens*), el delfín gris (*Grampus griseus*) y varias especies de zífidos muy poco conocidas (Crespo 2009; Crespo et al. 2007). Eventualmente individuos erráticos de delfines cruzados (*L. cruziger*) o delfines de Fraser (*Lagenodelphis hosei*) también pueden aparecer en aguas patagónicas. El cetáceo más amenazado de todo el Atlántico Sudoccidental es la Franciscana (*Pontoporia blainvillei*) (Fig. 9) debido a los altos índices de mortalidad incidental en redes de enmalle.

El ensamble de especies de los principales depredadores se completa con varias especies de aves marinas, tiburones y rayas que se alimentan de las mismas especies presa que los mamíferos marinos, tanto peces como calamares y algunos crustáceos. Sin embargo, no se tratarán en el presente trabajo.



**Figura 8.** Orca *Orcinus orca*.



**Figura 9.** *Franciscana Pontoporia blainvillei*.

## CARACTERÍSTICAS ECOLÓGICAS DE LOS MAMÍFEROS MARINOS

Por lo general, los mamíferos marinos se encuentran en la cima de sus redes tróficas y se los puede colocar en uno de los extremos del continuo r-K mientras que en el otro extremo encontramos a los roedores e insectívoros (Estes 1979; McLaren y Smith 1985). Sus características incluyen gran tamaño corporal, longevidad extendida, bajas tasas reproductivas, cuidados parentales, reproducción retardada en la vida, supervivencia adulta predecible y supervivencia juvenil menos predecible que la de los adultos. En algunos casos, parecen mostrar respuestas dependientes de la densidad en sus parámetros de población (Fowler 1981, 1984; Doidge et al. 1984; Evans y Stirling 2001; Crespo et al. 2018). Algunos de estos parámetros para los cetáceos fueron tabulados por Lockyer (1984) y por Evans (1987).

Los mamíferos marinos son especies longevas, con una vida útil que oscila entre los 20 años para los delfines pequeños y los lobos marinos y los 40-60 años en muchas especies de focas, grandes delfínidos y ballenas. Las hembras pueden producir como máximo una cría por año en especies como focas, lobos marinos y cetáceos (Estes 1979; Riedman 1990). Sin embargo, las tasas de reproducción más bajas se encuentran en los delfines y ballenas más grandes, que pueden llegar a tener una cría cada varios años (Evans 1987). El ciclo de reproducción de la ballena franca austral dura entre 3 y 4 años (Payne 1986; Payne et al. 1990). El tamaño y el peso de los adultos pueden oscilar entre 1 m y 15 kg en la nutria marina (*Enhydra lutris*), hasta 30 m y 100 TM en la ballena azul (*Balaenoptera musculus*). La madurez sexual suele retrasarse varios años en la vida. La mayoría de las focas y lobos marinos, y varias especies de pequeños cetáceos, alcanzan la madurez sexual de cuatro a seis años después del nacimiento. Algunos delfínidos y zipíidos más grandes comienzan a reproducirse después de nueve años o

más (Lockyer 1984; Perrin y Reilly 1984). De hecho, la edad de maduración sexual suele ser un parámetro que varía dependiendo de la densidad poblacional.

El cuidado de los padres incluye largos períodos de lactancia, enseñanza de la natación y técnicas para la captura de presas. En muchos odontocetos grandes, las crías permanecen en manadas cercanas a sus parientes durante varios años. Las focas, por otro lado, tienen un período de cuidado parental más corto, como la foca de capucha (*Cystophora cristata*) y los elefantes marinos (*Mirounga* spp.) en un extremo, teniendo un período de cuidado de menos de un mes, que es en parte compensado por las altas tasas de transferencia de energía entre la madre y la cría durante la lactancia (Riedman 1990).

La supervivencia es relativamente incierta entre el destete y la madurez sexual. Este período, mientras el individuo aprende diferentes comportamientos alimentarios y reproductivos, suele ser crítico y la mortalidad se debe con frecuencia a la falta de experiencia. Una vez que dominadas las habilidades básicas, la vida se vuelve más predecible (Caughley 1966; Barlow y Boveng 1991). Los parámetros de la población, como la edad de madurez sexual y las tasas de reproducción, parecen depender de la densidad, pero todavía existe cierta controversia sobre el tema (Eberhardt 1977; Fowler 1981, 1984; DeMaster 1984; McLaren y Smith 1985).

Muchas especies, como grandes ballenas, nutrias y algunos lobos marinos, han sido llevadas al borde de la extinción. Muchos de ellos se han recuperado o parecen estar recuperándose. En algunas ballenas, la respuesta a la reducción de los impactos negativos ha sido rápida (Best 1993), pero para otras se ha argumentado que la competencia interespecífica puede ralentizar el proceso (Clapham y Brownell 1996). Esto deja preguntas abiertas sobre la existencia de dependencia de la densidad y el papel que otros factores ambientales pueden jugar en esa recuperación. La lección, desde el punto de vista de la gestión de los ecosistemas, es que incluso los ecosistemas resilientes pueden tardar décadas en volver a sus condiciones anteriores después de grandes perturbaciones, y que no hay certeza de que volverán a las mismas condiciones. De hecho como se comentará más adelante en este trabajo, el Atlántico Sudoccidental no volverá a su condición inicial. Es posible eliminar o mitigar los impactos negativos en un ecosistema, pero no es posible predecir la trayectoria de la respuesta o su punto final.

## **HISTORIA DE LAS INTERACCIONES DE LOS MAMÍFEROS MARINOS CON SER HUMANO EN EL TRANCURSO DEL TIEMPO**

Los seres humanos han utilizado mamíferos acuáticos desde tiempos prehistóricos, y los registros arqueológicos indican la existencia de herramientas y armas hechas de hueso o piedra con el aparente propósito de cazar mamíferos. En

las regiones frías del planeta, la escasez de proteína animal de origen terrestre, y de fuentes alternativas de alimento, llevó al ser humano a explotar mamíferos marinos en la costa o en el mar (Bonner 1982). Varias características hicieron de los mamíferos marinos un recurso muy valioso. Estos (a) tenían una gran cantidad de grasas y proteínas, más concentrados que en el pescado o el marisco, lo que proporcionaba una dieta de alto valor; (b) fueron una fuente de pieles y cueros que sirvieron para cubrirse en ambientes fríos y húmedos; (c) eran accesibles para los humanos con una tecnología simple; (d) eran predecibles en su ubicación o en migraciones estacionales; (e) en el caso de los pinnípedos, fueron fáciles de capturar debido a su vulnerabilidad en tierra o hielo (Crespo y Hall 2001).

Algunas de estas características resultaron especialmente ventajosas con los pinnípedos o pequeños cetáceos costeros, que son lo suficientemente grandes como para proporcionar una amplia recompensa sin serios problemas o riesgos al cazarlos (Bonner 1982). Desde los días del Paleolítico, la caza de focas y lobos marinos fue una cuestión de supervivencia y una actividad de vital interés para muchas comunidades costeras del norte y sur de Europa, Asia, América del Sur y otras partes del mundo. En algunos casos, la contribución de los mamíferos acuáticos al aporte energético de algunas de estas comunidades fue muy grande. En las poblaciones aborígenes del sur de América del Sur, más del 90% de la ingesta energética total fue proporcionada por lobos finos y algo menos por lobos comunes y pequeños cetáceos (Orquera y Piana 1987; Piana 1984; Schiavini 1990).

Allí se desarrolló y utilizó un arpón con una cabeza desmontable (Orquera y Piana 1987). La cabeza, hecha de hueso duro o marfil, estaba unida a un palo largo. Cuando el animal era arponeado, la cabeza se separaba del palo, pero quedaba unida a una línea. El animal se debilitaba y moría desangrado en el agua y finalmente era recuperado por medio de la línea y el flotador. Los arpones variaban desde palos simples, con cuchillos de piedra en la punta, hasta tecnologías complicadas en la cultura inuit, pero todos seguían los mismos principios básicos (Bonner 1982).

Las economías de los pueblos adaptados al mar dependían en gran medida de los productos de focas, lobos marinos o cetáceos que se cazaban o se encontraban varados. La grasa se comía y, en las zonas con poco acceso a la leña, era la principal fuente de energía para cocinar y se utilizaba como combustible para lámparas. Antes de la colonización europea, la caza de subsistencia con un grado variable de intensidad ocurría a lo largo de toda la costa atlántica Sudoccidental (Bayón y Politis 2014; Orquera y Piana 1999; Borella 2014; Gómez Otero 2007; Castilho y Simões-Lopes 2008). Esta presión de caza se consideró baja dada la baja densidad de población en esos tiempos (Schiavini 1992; Orquera y Piana 1999; Zangrando et al. 2014). Los lobos finos eran más frecuentes en los sitios arqueológicos que los lobos comunes, posiblemente debido a su disponibilidad en el medio ambiente. Sin embargo, no existe ningún registro de la extensión o cuantificación de esta cosecha.



Con la colonización europea y más tarde con el desarrollo de la revolución industrial comenzó una explotación sin controles de los recursos del Atlántico Sudoccidental. La caza de ballenas como actividad industrial es mucho más reciente, aunque siguió siendo una cosecha de subsistencia durante mucho tiempo en distintos lugares (Evans 1987). La caza de ballenas europea más antigua registrada fue llevada a cabo por vascos y nórdicos en España y el noroeste de Europa respectivamente. La caza de ballenas por los vascos data del año 670 en el Golfo de Vizcaya, mientras que los escandinavos capturaron ballenas en la costa de Tromsø ya en el siglo IX o X. Desde allí, la caza de ballenas se extendió al resto de Europa, Groenlandia y América del Norte. En ese momento, durante los siglos XVI y XVII, la caza de ballenas se convirtió en una importante operación comercial muy diferente a las actividades de subsistencia. La ballena franca septentrional (*E. glacialis*), la ballena de Groenlandia (*Balaena mysticetus*) y la ballena gris atlántica (*Eschrichtius robustus*) fueron los principales objetivos en esa época y las primeras poblaciones en agotarse. La ballena gris del Atlántico pronto se extinguió (Allen 1980).

Durante el siglo XVIII, la caza de ballenas se estableció como una actividad industrial y se extendió por la costa este de América del Norte, los océanos Índico y Pacífico y las islas subantárticas del Océano Austral. Durante este período, la caza de ballenas se realizaba con arpones de mano y botes de remos, y los animales se procesaban junto a los botes. En ese momento, la revolución industrial resultó en un cambio de una cosecha de subsistencia a una basada en la inversión de capital y ganancias monetarias. Las innovaciones tecnológicas producidas en esos años, y la creciente inversión de capital, dieron como resultado formas de caza más eficientes que llevaron a la disminución de varias poblaciones. Las ballenas francas, los lobos marinos y las nutrias marinas, entre otros, comenzaron a disminuir durante ese período. Los grandes rorcuales y otras especies los siguieron más tarde.

La caza de ballenas moderna comenzó a fines del siglo XIX cuando se introdujo el arpón explosivo en embarcaciones impulsadas por vapor (Allen 1980). Las ballenas que nadaban rápidamente, como los rorcuales, que eran demasiado rápidas para los botes de remos, ahora podían capturarse con la nueva tecnología. El aumento de la demanda y los errores conceptuales en términos de gestión, dieron como resultado disminuciones sustanciales en muchas poblaciones de mamíferos marinos. La historia de las capturas de ballenas muestra que cada especie objetivo fue reemplazada por otra a medida que la población explotada se estaba agotando (Allen 1980; Evans 1987; Crespo y Hall 2001). Los impactos de estas cosechas fueron probablemente muy intensos en algunos ecosistemas, como el Océano Antártico.

En cuanto a la captura de focas y lobos marinos, cabe señalar que, debido a los avances tecnológicos incorporados a la cultura de los aborígenes, como las armas de fuego, la relación original depredador-presa se ha ido desequilibrado desde el siglo XIX (Bonner 1982). En el extremo sur de América, en Tierra



del Fuego, otras poblaciones humanas también sustentaron su economía a base de pinnípedos. Los canales e islas de ambiente frío, boscoso y lluvioso, fueron ocupados hasta el siglo pasado por las etnias Yámama, Halakwúlp (o Alacalufes) y Chono quienes, por su forma de vida, son denominados colectivamente como indios canoeros (Orquera et al. 1979; Orquera y Piana 1983, 1984; Piana 1984). Los predecesores de estos grupos ya en 6000 B.P. se caracterizaron por el consumo intensivo de lobos finos y comunes (principalmente los primeros y en menor medida los segundos) y con menor importancia los guanacos, aves, pescados y mariscos (Orquera et al. 1979; Orquera y Piana 1983, 1984; Piana 1984). Un ejemplar de lobo fino, por su alto contenido calórico, necesario para hacer frente a las difíciles condiciones climáticas de la zona, habría aportado alrededor de 200.000 calorías; suficiente comida para un grupo de quince personas durante tres días (Piana 1984).

En la Patagonia, la explotación comercial se inició en 1790 cuando el Gobierno español creó la Real Compañía Marítima estableciendo un puesto ballenero en Puerto Deseado. Esa acción estuvo motivada por el hecho de que otros países europeos estaban pirateando los recursos en la Patagonia. Sin embargo, la actividad no pudo sostenerse y la caza de ballenas se abandonó pronto, pero la explotación de pinnípedos se salvó y continuó hasta finales del siglo XIX. Poco después de las primeras expediciones españolas, comenzaron a operar en la zona balleneros y marineros de otras nacionalidades, en su mayoría británicos y norteamericanos. El pico de actividad, particularmente para la caza de ballenas, alcanzó su punto máximo entre 1820 y 1870 concentrando sus actividades en las Islas Malvinas e Isla de los Estados. Las colonias ubicadas más al norte permanecieron poco afectadas o intactas. Debido a su piel de alta calidad, el lobo fino fue el principal objetivo, aunque el lobo marino común y el elefante marino también fueron explotados para obtener aceite y pieles de baja calidad (Bonner 1982).

En cualquier caso, a partir del siglo XVIII se inició una caza indiscriminada de focas y ballenas en el hemisferio sur. Los lobos finos australes fueron diezmados junto con las grandes ballenas, algunas de ellas casi al borde de la extinción, como el lobo fino de Juan Fernández (*A. philippi*) de las islas Juan Fernández y el lobo fino antártico de las islas Georgias del Sur, donde se estimó que se extrajeron no menos de 1.200.000 pieles (Weddell 1825; Godoy 1963). Entre las Islas Georgias del Sur y la Isla Desolación, se ocuparon de doscientos a trescientos marineros y más de 2.000 toneladas de carga transportada por barcos por año con fines comerciales (Weddell 1825). Un total de 320.000 lobos comunes y finos (y elefantes marinos que produjeron 940 toneladas de aceite) fueron cazados solo en las Islas Georgias del Sur entre 1821 y 1822. Según Weddell, se transportaron no menos de 20.000 toneladas de aceite de elefante marino a los mercados de Londres desde que se descubrieron las islas hasta la fecha de su informe.

Las islas del Atlántico Sur, así como las costas de la Patagonia y Tierra del Fuego, con sus numerosas colonias de pinnípedos, sufrieron ataques de balleneros y marineros que ingresaron a las aguas jurisdiccionales argentinas en busca de pieles, cueros y aceite de estos mamíferos durante el siglo XIX (Godoy 1963), aunque esta situación es anterior a la Revolución de Mayo de 1810. Según la información proporcionada por los navegantes españoles en el período 1787-1791, existían muchos barcos extranjeros que pescaban y cazaban ballenas y lobos marinos en las costas patagónicas, todos ellos bajo las banderas inglesa, francesa y norteamericana (Ratto 1931). Además de la caza de ballenas, desembarcaron para cazar lobos marinos, lo que supuso una clara violación territorial de los derechos virreinales de la época.

Algunos ejemplos del Atlántico Sudoccidental que se pueden resumir ilustrarán la situación aquí: la ballena franca austral, el lobo común y el lobo fino. La ballena franca austral fue una de las especies que ha sido explotada durante un largo período en los "*Bancos Brasileños*", nombre que los balleneros le dieron a la zona de caza del Atlántico Sudoccidental. Las primeras ballenas fueron capturadas alrededor de 1602 (Peterson 1948). Mediante una extensa revisión de diferentes fuentes bibliográficas se pudo reconstruir el historial de capturas de ballenas de esta especie para el período 1670-1973. La trayectoria de la población modelo indica que la abundancia previa a la explotación era de alrededor de 58.000 ballenas (Romero et al. 2022). La abundancia cayó a sus niveles de abundancia más bajos en la década de 1830, cuando se dejaron menos de 1000 individuos a lo largo del Atlántico Sudoccidental. Hoy, la abundancia de población actual en esa área se estima en alrededor de 5,000 ballenas (Cooke et al. 2015; Crespo et al. 2018), lo que sugiere que la población de ballenas francas australes sigue siendo pequeña en relación con su abundancia previa a la explotación. Durante la década de 1960 y a pesar de que la especie estaba protegida a nivel nacional e internacional, 3300 ballenas fueron capturadas en el hemisferio sur por operaciones de caza ilegal por los soviéticos, lo que retrasó la recuperación de la especie (Tormosov et al. 1998). Los resultados del modelo dinámico de poblaciones proporcionan información sobre la gravedad de la operación de caza de ballenas en los mares del sur y cómo la población respondió a densidades bajas y, por lo tanto, contribuyen a comprender las diferencias observadas en las tendencias de la población en todo el rango de distribución global de la especie (Romero et al. 2022).

El lobo común es el mamífero marino más conspicuo de las costas sudamericanas, tanto del Atlántico como del Pacífico, donde fue muy explotado. Como consecuencia de esta explotación, muchas de sus colonias en el Mar Argentino fueron diezgadas a principios del siglo XX y hoy en día muestran una clara recuperación. Como estrategia-K sujeto a explotación, esta población cayó a niveles muy bajos. Después de que se impuso la protección, la recuperación fue al principio muy lenta. Después de 50 años desde el cese de la caza, la población todavía representa solo el 35% de su abundancia previa a la explotación (Romero et al. 2017). Sin embargo, el comportamiento oportunista y plástico del lobo,

junto con un alto nivel de supervivencia juvenil, resultó en una tasa más rápida de recuperación de la población en las últimas décadas. Las posibles razones de esta supervivencia mejorada pueden incluir un aumento en la disponibilidad de recursos alimenticios, cambio de presa y una disminución en otras causas de mortalidad (Romero et al. 2017). Fue particularmente interesante comprender cómo respondió la población a bajas densidades, cómo la mortalidad inducida por el hombre interactúa con los mecanismos naturales y cómo la dependencia de la densidad puede regular el crecimiento de la población. La trayectoria de la población muestra una relación no lineal con la densidad, recuperándose con una tasa de incremento cercana al 6%.

El lobo fino fue muy explotado desde el siglo XVIII y en algunos lugares hasta finales del siglo XX en toda la costa atlántica sur, desde Uruguay hasta Tierra del Fuego, las Islas Malvinas e Isla de los Estados, principalmente por su piel y aceite. En Uruguay, concesiones privadas y, posteriormente, el Estado uruguayo, mataron al menos a 800.000 animales entre 1893 y 1991 (Franco-Trecu et al. 2019). La explotación en Uruguay duró hasta 1991 mientras en aguas argentinas el lobo fino casi desapareció donde se capturaron 100.000 animales en el norte y centro de la Patagonia. Estas cifras también pueden incluir lobos comunes; sin embargo, pueden subestimarse en gran medida. El cierre de la zafra en Uruguay probablemente provocó un aumento de la población que permitió recuperar y repoblar el Atlántico Sudoccidental nuevamente. La tasa de aumento es actualmente de alrededor del 8% anual y varios individuos marcados en Uruguay han sido avistados nuevamente en aguas patagónicas (Crespo et al. 2015). Por lo tanto, la población de lobos finos uruguayos puede no solo ser la más grande de esta especie, sino que también ayuda a sostener el rápido crecimiento de los lobos finos en el Mar Argentino (Franco-Trecu et al. 2019).

## **TIEMPOS MODERNOS: MORTALIDAD INCIDENTAL Y COMPETENCIA POR RECURSOS**

La comprensión de los procesos subyacentes y la historia integral del crecimiento de estas poblaciones después de un agotamiento impulsado por la cosecha era necesario para evaluar la eficacia a largo plazo de las estrategias de gestión y conservación. Sin embargo, cuando estas especies empezaban a recuperarse, un nuevo tipo de interacción empezó a mediados del siglo XX: la mortalidad incidental en artes de pesca y la competencia por los recursos del mar en lugar de las capturas directas.

Durante la década de 1960 se inició un cambio importante en las interacciones entre los mamíferos marinos y los humanos, un cambio que duró al menos dos décadas. Casi al mismo tiempo que disminuía la captura directa de grandes ballenas y la Comisión Ballenera Internacional promovía la moratoria para las capturas, la captura incidental apareció como un gran problema con el desarrollo de muchos tipos de pesquerías en todo el mundo, incluidas las redes de en-

## **El ecoturismo como estrategia de conservación de mamíferos marinos y sus conflictos con otras actividades económicas**

En Península Valdés, el avistamiento de ballenas comenzó de manera informal en 1973 y ha ido aumentando constantemente, basado principalmente en la observación de la fauna costera. La ballena franca austral y los pingüinos magallánicos (*Spheniscus magellanicus*), son los principales atractivos, seguidos por los lobos marinos, el elefante marino austral, los delfines oscuros, la tonina overa y los delfines comunes, y otras concentraciones de aves marinas nidificantes. Sin embargo, está claro que los mamíferos marinos de la zona son el principal imán para los turistas. A fines de la década de 1990 parte de la flota de avistamiento de ballenas que quedaba vacante durante el verano, fuera de la temporada reproductiva de ballena franca, se dedicó a realizar avistamientos de delfines oscuros en Golfo Nuevo y toninas overas en Playa Unión (Fig. 12). El impacto de la actividad fue evaluado previamente por el Laboratorio de Mamíferos Marinos del CENPAT a solicitud de la Provincia de Chubut (Coscarella et al. 2003).

El número de turistas que visitan Península Valdés ha aumentado de manera constante en los últimos años, con un promedio de 300.000 por año, mientras que los que observan ballenas ronda la tercera parte (Anuario Estadístico de Turismo 2018-2019). Los ingresos en el norte de la Patagonia por la observación de vida silvestre se acercan a los U\$S 100 millones anuales en beneficios directos. Es imposible predecir hoy si esta industria continuará expandiéndose durante muchos años, o si pronto alcanzará algún tipo de capacidad de carga. Para 2006, Argentina tenía el mayor número de observadores de ballenas en América Latina (Hoyt e Iñíguez 2008) y la mayoría de ellos llegaron a la Patagonia (Argentina). De hecho, muy cerca de la Península Valdés, la presencia de ballenas en el área noroeste del golfo San Matías dentro del Área Marina Protegida de la Bahía de San Antonio (SABMPA) durante el invierno y principios de la primavera se ha vuelto lo suficientemente frecuente como para establecer desde 2012 un programa experimental de ballenas-turismo de observación. Esta planificación fue diseñada e implementada de acuerdo con el marco legal vigente y ejecutada por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sostenible (SAyDS) de la provincia de Río Negro (Arias et al 2018). Los beneficios económicos y educativos para las comunidades costeras son aspectos claramente positivos (Constantine y Baker 1997; IWC 1997), y deben proporcionar regulaciones adecuadas para hacer que la actividad sea sostenible en el largo plazo (Crespo y Hall 2001). Sin embargo, en muchos lugares existe la presión del sector privado para abrir al turismo todas las áreas atractivas de vida silvestre a lo largo de la costa y permitir el desarrollo de nuevas actividades, como el buceo con delfines, ballenas y lobos marinos.

Las otras actividades que generan importantes beneficios económicos y de empleo en la región son la pesca y la explotación petrolera. Ambos compiten con el ecoturismo en el sentido de que, si se gestiona bien, el ecoturismo proporciona beneficios positivos a las comunidades costeras al tiempo que constituye una

estrategia de conservación, mientras que la pesca y la actividad petrolera pueden tener beneficios negativos. La pesca mediante la sobrepesca de algunas de las especies objetivo, como la merluza y el calamar, que también son presas importantes para muchos mamíferos acuáticos y aves marinas (Crespo et al. 1994, 1997; Koen Alonso et al. 1998, 2000), mientras que la explotación petrolera y el transporte es una fuente importante de contaminación para la vida silvestre y el medio marino (Geraci y St. Aubin 1990). La pesca y la actividad petrolera, así como el ecoturismo, proporcionan empleo a muchas personas. Sin embargo, tienen acciones opuestas entre sí. Si bien los impactos de la contaminación por hidrocarburos en la vida silvestre a veces son muy visibles, los impactos de la pesca (captura incidental o extracción ilimitada de biomasa) o el turismo son menos obvios para el público y son más difíciles de rastrear hasta los mecanismos directos de causa-efecto (Crespo y Hall 2001).

malle, de arrastre, de cerco y palangre (Crespo et al. 1997; Crespo y Hall 2001). El mayor problema surgió para las especies costeras con las redes de enmalle, que afectaron principalmente a los pequeños cetáceos, especialmente cuando la FAO promovió el uso de ese arte de pesca en todo el mundo en países menos desarrollados como una forma de aliviar el hambre en muchas poblaciones humanas del tercer mundo. Sin embargo, la interacción con otros artes como las redes de arrastre no debe subestimarse dado el enorme esfuerzo pesquero y la gran extracción de biomasa.

En el norte de la Patagonia, así como en aguas de la provincia de Buenos Aires, Brasil y Uruguay, las redes de enmalle se convirtieron en el arte más peligroso, especialmente para el delfín Franciscana (*Pontoporia blainvillei*), una especie que se cree que está en peligro real dada la alta tasa de captura incidental. La mortalidad de Franciscana en redes de enmalle, es el problema más grave para la especie en todo su rango de distribución, probablemente desde el final de la Segunda Guerra Mundial. En ese momento, muchas pesquerías artesanales de tiburones se desarrollaron desde Rio Grande do Sul hasta la Patagonia para la producción de vitamina A, que se exportaba a Europa. La mortalidad se estima en no menos de 2000 individuos por año en todo el rango de distribución de los cuales en aguas argentinas se capturan unos 500 delfines por año (Reeves et al. 2003; Crespo 2009). Debido a la variabilidad encontrada en las tasas de mortalidad y las estimaciones de abundancia, no se sabe si esas tasas de mortalidad son sostenibles (Crespo et al. 2010; Zerbini et al. 2017). Otras amenazas para la Franciscana incluyen la degradación del hábitat (Crespo 2018). Una gran proporción del rango de distribución está sujeta a contaminación de varias fuentes, especialmente el uso agrícola de la tierra y la industria pesada entre São Paulo en Brasil, Río de la Plata y Bahía Blanca en Argentina. La zona costera también se utiliza intensamente para el tráfico de embarcaciones, el turismo y las operaciones de pesca artesanal e industrial (Crespo 2018).



En la Patagonia, el mayor esfuerzo pesquero desde la década de 1980 se realizó con redes de arrastre de media agua y de fondo. No se utilizan redes de enmalle a excepción de Tierra del Fuego. El problema de las redes de arrastre a lo largo de la costa patagónica es de diferente naturaleza: en las redes de enmalle, los cetáceos quedan atrapados por alguna falla en la detección; en las redes de arrastre, los animales entran activamente en la red para capturar peces o calamares. El trabajo con capitanes y oficiales de pesca permitió estimar las tasas de mortalidad durante la década de 1990 (Crespo et al. 1997). Las especies capturadas fueron lobos marinos sudamericanos, delfines oscuros, toninas overas y delfines comunes.

Desde el desarrollo de la pesquería de arrastre de merluza (*Merluccius hubbsi*) y langostino (*Pleoticus muelleri*) en la Patagonia, lobos marinos, delfines oscuros y toninas overas se han enmallado en las redes (Fig. 10; Fig. 11) (Crespo et al. 1994, 1997, 2007, 2012). Los lobos marinos tienen una mortalidad que se estima aproximadamente entre el 1 y el 2% del tamaño de la población, que hoy es absorbida por una tasa de aumento mayor, de alrededor del 5,6% y que aún no ha alcanzado la capacidad de carga. El efecto negativo sobre los delfines oscuros fue muy severo en las décadas de 1980 y 1990, dado que las hembras maduras eran la clase de edad y sexo más afectada (Dans et al. 1997). A mediados de la década de 1990 se prohibió la pesca de arrastre pelágico para langostino pero se realizaron varios lances experimentales y comerciales con esta red para capturar anchoíta u otros peces pelágicos. Cada vez que se realizaba uno de estos



**Figura 10.** Lobo común vivo capturado en red de arrastre.



**Figura 11.** *Captura incidental delfines oscuros y toninas overas.*



**Figura 12.** *Avistamiento de tonina overa.*

lances, se encontraban enredados delfines oscuros y / o comunes (Crespo et al. 2000). En los eventos de enmalle en las redes de arrastre de media agua la interacción no es pasiva, los delfines se mueven activamente dentro de la red; los enmalles más frecuentes son nocturnos y las capturas incidentales de delfines presentan una distribución contagiosa (Crespo et al. 2000)

La explotación directa de los recursos de mamíferos acuáticos tanto para las comunidades primitivas del Paleolítico como para las sociedades modernas puede considerarse como una relación predador-presa desde un punto de vista ecológico. Desde mediados de la década de 1960, hubo un cuestionamiento moral de la explotación de ballenas y otros mamíferos acuáticos (Barstow 1990; Stroud 1996), lo que ha resultado en el cese de la explotación directa de la mayoría de estas poblaciones. Sin embargo, en el mismo período, un gran aumento en la extracción de biomasa por las pesquerías del mundo ha dado lugar a otras interacciones entre humanos y mamíferos acuáticos. Un subproducto de la pesca ha sido la mortalidad incidental. Sin embargo, en términos ecológicos, las capturas directas y la mortalidad incidental en los artes de pesca son procesos equivalentes; los animales mueren de una forma u otra. Las especies o áreas pueden cambiar, pero en esencia muestran los mismos eventos ecológicos. Al mismo tiempo que se llevaban a cabo estos procesos, el rápido desarrollo de la tecnología aumentó la eficiencia de los pescadores a un ritmo que las especies objetivo no pueden igualar (Crespo y Hall 2001). Por ello, es necesaria una gestión para hacer un uso sostenible de los recursos con base en procedimientos científicos que permitan un esquema de gestión cauteloso.

La competencia entre mamíferos acuáticos y humanos se ha intensificado hasta el punto de que hoy probablemente sea más significativa que la explotación directa de mamíferos acuáticos (Crespo y Hall 2001). La predación se ha transformado en competencia. En muchos casos, la pesca afecta a los mamíferos marinos al disminuir la abundancia de sus especies de presas. Este problema ha sido bien documentado en las franciscanas. Las interacciones entre la pesquería que opera en esta región y los pequeños cetáceos han sido revisadas por Pinedo (1994) y Secchi et al. (1997). La principal presa de este delfín costero y de río son los sciaénidos, que se han visto gravemente mermados por las pesquerías costeras. Dos estudios realizados para la misma área (Rio Grande do Sul) en 1982 y 1997 mostraron evidencia preliminar de un cambio en la dieta de la Franciscana (Pinedo 1982; Bassoi 1997).

Para tener idea de que un predador dado pueda estar consumiendo significativamente los recursos de la pesca hace necesario evaluar los consumos poblacionales. A finales de la década de 1990 se estimó el consumo de alimento de la población de lobos comunes en el norte y centro de la Patagonia (información no publicada del LAMAMA). La estimación se realizó sobre la base de la ingesta diaria individual (Innes et al. 1987) y el tamaño de la población. Para mediados de la década de 1990 con una población de unos 70.000 lobos marinos, el consumo total se estimó en 150.000 toneladas métricas de las cuales 72.000



## Estructura trófica de la comunidad marina en Patagonia

La competencia y la depredación son procesos clave en la regulación de las comunidades naturales. En el caso particular de las interacciones entre los principales depredadores y las pesquerías, las relaciones competitivas han sido un punto de discusión donde las propuestas de *culling* (reducción poblacional de un predador dado) por el bien de las pesquerías son temas de discusión frecuente en el manejo pesquero (Yodzis 1994, 1998). Estos pensamientos surgen de la creencia de que menos mamíferos marinos consumirán menos pescado, lo que dejará más pescado disponible para la pesca, con los beneficios resultantes para la industria pesquera y el sustento de los pescadores (Anónimo 1999). Además del hecho de que estas discusiones pueden generar fácilmente argumentos acalorados, la evaluación científica de las interacciones competitivas no es una tarea fácil, considerando las complejidades de los múltiples enlaces tróficos en la red alimentaria marina. Además, las tendencias a largo plazo en el sistema pueden ir en la dirección opuesta a las tendencias a corto plazo (Yodzis 1998, 2000).

El litoral marino de la Argentina y muy especialmente de la Patagonia, constituye un recurso de alto valor económico y estético, importante de ser conservado y mantenido en niveles aceptables de condición y estabilidad. En la Patagonia, la comunidad marina se organiza en torno al sistema trófico de tres especies objetivo principales: merluza (*Merluccius hubbsi*), anchoita (*Engraulis anchoita*) y calamar argentino (*Illex argentinus*) (Angelescu y Prenski 1987). Al mismo tiempo, estas especies son elementos clave en la dieta de la mayoría de los principales depredadores y también son importantes recursos pesqueros (Fig. 13, Fig. 14).

Koen Alonso (1999) estudió la dieta de varias especies de depredadores superiores, incluidos varios mamíferos marinos, tiburones y rayas. Todos comparten un número no superior a nueve especies presa clave. Más de setenta especies presa (esencialmente peces y calamares y algo menos crustáceos) fueron identificadas en la dieta de varios predadores tope incluidos mamíferos marinos, tiburones y rayas, pero solo nueve de ellas mostraron un alto nivel de importancia (es decir, un Índice de Importancia Relativa mayor al 5% en las especies consideradas). Estas presas clave fueron merluza argentina, calamar argentino, calamar patagónico (*Loligo gahi*), bacalao austral (*Patagonotothen ramsayi*), anchoita argentina, Raneya (*Raneya brasiliensis*), pulpo colorado (*Enteroctopus megalocyathus*) y ctenóforos gelatinosos (Phylum Ctenophora). Teniendo en cuenta estas especies de presa, un análisis de solapamiento realizado por Koen Alonso et al. (2000) indicó que la pesquería de merluza se solapaba con los depredadores superiores en mayor medida que los depredadores superiores con la pesquería de merluza. Estos resultados sugieren que los depredadores superiores tienen un nicho trófico más ancho que esta pesquería.

Por lo tanto, se cumplen algunas de las condiciones básicas para la existencia de competencia si la abundancia de especies disminuye como consecuencia de las extracciones pesqueras.



**Figura 13.** *Captura de merluza en buque factoría.*



**Figura 14.** *Captura de merluza y langostino en barco de arrastre.*



toneladas son de merluza argentina, y el resto de unas pocas especies. A finales de 2020, el número total de lobos comunes en el Mar Argentino, excluidas las Islas Malvinas, es de alrededor de 130.000-135.000 individuos, el doble que en 1996 (Romero et al. 2017; Grandi et al. 2020). Por lo tanto, el consumo total de presas también puede ser el doble. Si el consumo de merluza por lobos marinos se duplica, la captura hoy está en el mismo orden de magnitud que la de merluza capturada por la pesquería, que alcanzó alrededor de 270.000 toneladas en los últimos años (Crespo 2022). Esto significa que este consumo debería ser considerado en los modelos de gestión de estas especies, al menos para la merluza y el calamar.

La extracción de biomasa aumentó exponencialmente durante la década de los noventa mediante un convenio con la Unión Europea, alcanzando en 1997 1,34 millones de toneladas considerando todas las especies capturadas. Si se consideran los descartes de pesca, la extracción total se eleva a 1,64 millones de toneladas. A finales de la década de los noventa las capturas cayeron y luego se mantuvieron alrededor de 800.000 toneladas, incluyendo 150.000 toneladas de descarte de pescado arrojados al mar por los barcos pesqueros (información no publicada del LAMAMA). Sin embargo, la estructura de la cadena trófica del Mar Argentino ha cambiado, no es la misma de hace 30 o 40 años cuando la pesquería de arrastre creció exponencialmente. La abundancia relativa de la especie en la comunidad ha cambiado como consecuencia de las enormes extracciones pesqueras de biomasa, pero también por el lanzamiento al mar de miles de toneladas de descarte de pescado y desechos de los buques factoría, y la acción mecánica de las redes de arrastre en el fondo del mar. Esto se puede ver muy fácilmente en los cambios en la dieta de la raya picuda *Zearaja flavirostris*, que ha sido monitoreada durante más de 30 años por el Laboratorio de Mamíferos Marinos. Durante la década de los noventa el índice de importancia relativa de la merluza común en la raya rondaba el 50% de la biomasa ingerida. Treinta años después, el IRI cayó al 10% con aumentos en otras especies menos nutritivas como el bacalao austral (*Patagonotothem ramsayi*) y las cabezas y espinas dorsales de merluza encontradas en el fondo del mar arrojadas al mar por buques factoría (Koen Alonso 1999, Herrera 2011; Laboratorio de Mamíferos Marinos (CENPAT-CONICET) información inédita).

Un análisis reciente de las redes tróficas de la Patagonia a lo largo de los últimos 7.000 años consideró a los tres principales depredadores, los lobos comunes, los lobos finos y los pingüinos de Magallanes. Los análisis se basaron en el C y N en huesos de las tres especies tomados de yacimientos arqueo-faunísticos. Las antiguas redes tróficas eran más cortas, más redundantes y se superponían más que las actuales, tanto en el centro-norte como en el sur de la Patagonia. Este sorprendente resultado puede explicarse mejor por el enorme impacto de la captura de pinnípedos durante el período del comercio de pieles, lo que indica que en las redes tróficas modernas se ha producido una liberación de la competencia intraespecífica y un cambio hacia presas más grandes y de mayor nivel trófico (Saporiti et al. 2014). Los tres principales depredadores se superpusie-

ron más en el pasado. Esto, a su vez, ha dado lugar a redes tróficas más largas y menos superpuestas con lobos marinos comunes y finos muy por debajo de la capacidad de carga original.

## EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LOS FUTUROS POSIBLES

Aparte de los problemas para los mamíferos marinos que se han descrito en las secciones anteriores, el cambio climático ha llegado a complicar aún más el panorama y hacerlo menos predecible. Los mamíferos marinos suelen considerarse indicadores de cambios en su entorno oceánico. A pesar de ser animales resistentes, el aumento de la temperatura del océano, la acidificación y el nivel del mar son solo algunas de las consecuencias del cambio climático que pueden afectar a los mamíferos marinos en un futuro cercano, sus fuentes de alimento y sus hábitats. Aunque los efectos del cambio climático en los mamíferos marinos aún están por verse, está claro que algunas especies serán ganadoras y otras perdedoras. En el caso del colapso potencial de algunas poblaciones, puede tener consecuencias irreversibles para el funcionamiento y los servicios del ecosistema (Albouy et al. 2020). Se han documentado pocos casos de efectos sobre las poblaciones de especies que viven en las aguas del Atlántico Sudoccidental, en su mayoría relacionadas con el Océano Austral al que está conectado por corrientes de agua que, a su vez, transportan nutrientes al norte. Muchas especies están conectadas a ambas áreas mediante la alimentación y la reproducción, por ejemplo, la ballena franca austral.

Klein et al. (2018) examinaron los efectos proyectados del calentamiento de los océanos sobre el crecimiento del krill antártico (*Euphausia superba*) y como podrían afectar a las poblaciones de krill y los depredadores dependientes (ballenas, pingüinos, focas y peces) en el Mar de Escocia. Sus hallazgos indican la importancia de identificar qué especies pueden ser más vulnerables a los efectos negativos del cambio climático y desarrollar medidas de protección a diferentes escalas espaciales, para evitar riesgos crecientes con el aumento de la temperatura del océano. Trathan y col. (2003) mostraron que la densidad acústica del krill antártico en Georgia del Sur está relacionada negativamente con la temperatura, y la biomasa acústica refleja la variabilidad de las condiciones oceanográficas. Una serie de datos a largo plazo mostró que existen fuertes vínculos entre la temperatura de la superficie del mar durante el período invernal anterior y el éxito reproductivo de los lobos finos. Durante más de 20 años, las anomalías positivas en la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico tropical y en Georgias del Sur explicaron reducciones significativas no lineales en la producción de crías de lobo fino antártico (Forcada et al. 2005). Lo mismo sucedió con los pingüinos papúa en los años de menor productividad reproductiva de los lobos finos antárticos (1990/1991, 1993/1994, 1997/1998 y 1999/2000) (Trathan et al. 2006, 2007).

La ballena franca austral es otro comedor de krill que se alimenta en las aguas alrededor de Georgias del Sur y se congrega para reproducirse en las aguas que rodean la Península Valdés, Argentina (Leaper et al. 2006). El krill es la principal presa para las ballenas que se alimentan al sur de 50° S (Tormosov et al. 1998). Leaper et al. (2006) compararon series de tiempo de temperatura de la superficie del mar (TSM) del Atlántico Sudoccidental y El Niño en el Pacífico occidental. Allí encontraron una fuerte relación entre la producción de partos de ballenas francas y las anomalías de temperatura superficial en Georgia del Sur en el otoño del año anterior y también con anomalías medias de El Niño retrasadas por 6 años. Estos resultados amplían observaciones similares de otros depredadores de krill y muestran vínculos claros entre las señales climáticas globales y los procesos biológicos que afectan la dinámica de la población de ballenas. Seyboth et al. (2016) examinaron la respuesta de la especie a las anomalías climáticas y las densidades de krill, y encontraron que los índices climáticos globales influyen en el éxito reproductivo de la ballena franca austral en el sur de Brasil. Por lo tanto, es probable que una mayor frecuencia de años con una abundancia reducida de krill, debido al calentamiento global, reduzca la tasa actual de recuperación de las ballenas francas australes de la sobreexplotación histórica. La tasa de mortalidad de ballenas ha ido en aumento desde principios de la década de 1970 y puede explicarse por una respuesta de dependencia de la densidad (Crespo et al. 2018), los picos de alta mortalidad en esos años en particular pueden estar relacionados con otras anomalías temporales y espaciales en las áreas de alimentación que aún no han sido detectadas.

Con la excepción de las ballenas francas australes, no hay evidencia de efectos del cambio climático en las poblaciones de mamíferos marinos en aguas patagónicas. En cualquier caso, estos efectos potenciales pueden superponerse con otros efectos negativos de origen antrópico como el impacto pesquero o la contaminación. ¿Qué se puede esperar entonces? Los mamíferos marinos que utilizan las playas para descansar o reproducirse podrían verse afectados en el uso del hábitat si aumenta el nivel del mar. Este puede ser el caso del lobo común, que ocupa más de 120 colonias en la costa continental e islas, mientras que los lobos finos se verían menos afectados ya que viven en costas más rocosas. Además, si la temperatura de la superficie del mar aumenta, las especies criófilas también pueden perder parte de su hábitat.

Es importante mencionar que la recuperación o pérdida de una determinada especie en ocasiones no depende de políticas activas. Muchas especies se recuperaron solo deteniendo la cosecha o las capturas. Sin embargo, detener la cosecha o las capturas no es suficiente para que una determinada especie se recupere, como en la ballena franca del norte. Dada la incertidumbre del futuro con el cambio climático y todas las variables que juegan un papel, es muy poco lo que los humanos pueden hacer para preservar la estructura del ecosistema en una forma razonable.

## ¿CÓMO MANEJAR LOS MAMÍFEROS MARINOS Y OTROS PREDADORES DE ALTO NIVEL?

Existe un largo debate en torno a la utilización de mamíferos marinos como recurso (Crespo y Hall 2001). De hecho, el debate gira en torno a dos puntos de vista en conflicto. Por un lado, están quienes aceptan la utilización de los mamíferos marinos como recurso y defienden sus inquietudes sobre un manejo adecuado y cauteloso, asegurando el uso sustentable de las poblaciones a largo plazo. La Comisión Ballenera Internacional discutió las políticas sobre esa base (IWC 1994). Por otro lado, hay quienes no aceptan la utilización de mamíferos marinos como un recurso, basando sus puntos de vista en un juicio moral que depende en gran medida de la propia cultura (Barstow 1990; Crespo y Hall 2001). En este caso, es difícil mantener una discusión objetiva y alcanzar un acuerdo. Por el lado de la conservación, también existe la necesidad de objetividad en el sentido de que diferentes situaciones o casos deben ser considerados con el debido grado de importancia. De lo contrario, si todas las situaciones son consideradas equivalentes en cuanto al mismo riesgo, para aquellos funcionarios que tienen que tomar decisiones de gestión es difícil evaluar cuál de los casos es el más importante a resolver.

Como puede verse, las interacciones entre mamíferos acuáticos y humanos están relacionadas, no solo con la ecología, sino también con la economía, la sociología y la ética. Las interacciones fluyen en muchas direcciones, y la solución para la conservación y el manejo de las poblaciones de mamíferos marinos radica en un manejo integrado en el que todos los actores puedan definir cursos de acción convenientes que les permitan coexistir. Estas partes deben incluir las naciones involucradas, pescadores, líderes de la industria y grupos ecologistas. Gran parte del éxito de los programas de conservación se debe a la capacidad de los líderes de los diferentes sectores para entenderse y comunicarse entre sí, y para encontrar los objetivos comunes que a veces se pierden en acalorados debates (Hall 1996, 1998).

Actualmente, la mayoría de los mamíferos marinos, previamente explotados o no, se están recuperando, algunos de ellos con altas tasas de incremento. Los lobos comunes aumentan a un ritmo del 5,6%, las ballenas francas al 3% mientras que de 2000 a 2007 crecieron al 7%; los lobos finos están aumentando en un 8% (Grandi et al. 2016; Crespo et al. 2015, 2018). Los lobos comunes, los elefantes marinos y las ballenas francas están mostrando alguna evidencia de denso-dependencia en sus parámetros poblacionales. Los lobos parecen estar reduciendo su tamaño corporal (Drago et al. 2010) y las ballenas francas se están expandiendo desde Península Valdés hacia aguas más profundas y el Golfo San Matías (Crespo et al. 2018; Arias et al. 2018). La única excepción es la Franciscana para la que se desconoce el efecto real de la mortalidad incidental, si es sostenible o no. Sin embargo, la mayoría de las especies que fueron explotadas en el pasado aún no alcanzaron los tamaños poblacionales originales. Este es el caso de la ballena franca austral, el lobo común o el fino. Para los pequeños cetá-

ceos no existe información previa a la que referir tamaños originales o calcular tasas de incremento.

El presente trabajo describe la historia de las relaciones ecológicas entre un grupo de mamíferos marinos y humanos, la explotación y recuperación de los depredadores superiores más conspicuos del Atlántico Sudoccidental. También intenta explicar los mecanismos ecológicos que permitieron que estas especies se recuperaran. Sin embargo, ¿cuáles son los posibles escenarios que los lobos marinos, los pequeños cetáceos y las ballenas francas pueden esperar en un ecosistema en continuo cambio? Ninguno de ellos ha alcanzado todavía un tamaño de población estable. Sin embargo, pueden llegar y llegarán a uno tarde o temprano y con alta probabilidad será menor con respecto al original. La enorme cantidad de biomasa extraída por la pesquería permanecerá durante décadas. Por lo tanto, para mantener a salvo a estos y otros depredadores superiores, es necesario llegar a un acuerdo sobre un punto de equilibrio en el que las capturas pesqueras puedan coexistir con abundancias sostenibles de todos y cada uno de los depredadores superiores del océano. Esto significa dejar la biomasa necesaria para mantener a salvo esas poblaciones. Sin embargo, el contexto de cambio climático en el que se están recuperando estas especies puede producir resultados diferentes a los esperados. El cambio climático es una amenaza incierta para los ecosistemas marinos y los servicios que brindan y cómo afectará a las poblaciones. Reducir la presión pesquera es una opción para mitigar las consecuencias generales para la biota marina.

Desde el punto de vista del ecosistema, la conservación y el manejo de los mamíferos acuáticos requiere considerar dos cosas muy importantes: a) mitigar los impactos de los artes de pesca y b) lidiar con la contaminación y otras formas de degradación del hábitat. También debe considerar la coexistencia de diferentes formas de utilización *sensu* Hall (1996) siguiendo principios ecológicos básicos evitando la explotación de algunos elementos y protegiendo otros y considerar la variabilidad ambiental a corto y largo plazo, y considerar las diferencias socio-económicas y culturales, incluyendo el desarrollo de una comprensión y tolerancia de esas diferencias en todos los participantes. Hoy en día, la gestión debe estar bajo la normativa internacional, considerando los diferentes problemas que deben abordarse. Los aspectos globales, regionales y locales de las poblaciones deben ser considerados dentro de una variedad de soluciones alternativas, tomando en cuenta variables ecológicas, económicas, sociales, culturales y morales (Hall, 1996; Crespo y Hall 2001; Crespo 2022).

## Agradecimientos

Deseo agradecer a mis profesores y mentores por sus consejos y experiencia, y a los discípulos y compañeros del Laboratorio de Mamíferos Marinos (CENPAT-CONICET) por los muchos años trabajando juntos. También agradezco a las



numerosas organizaciones gubernamentales, no gubernamentales y privadas que financiaron mi trabajo de investigación y la de mi grupo de trabajo durante cuatro décadas. Agradezco también a E.L. Piana, M.A. Romero, R. González, N.A. García, R.L. Browell Jr., L.R. Oliveira, J.A. Raga y F.J. Aznar por las numerosas charlas y discusiones en torno a estos problemas de índole ecosistémica. Todas las fotografías del artículo deben acreditarse al Laboratorio de Mamíferos Marinos del CENPAT.

## Referencias

Albouy C., Delattre V., Donati G, Frölicher T. H., Albouy-Boyer S., Rufino M., Pellissier L., Mouillot D., Leprieur F. (2020) Global vulnerability of marine mammals to global warming. *Scient Rep* 10:548 | <https://doi.org/10.1038/s41598-019-57280-3>

Allen K. R. (1980) Conservation and management of whales. A Washington Sea Grant Publication. Univ Wash Pr & Butterworths, London. 107 p

Angelescu V., Prenski L. B. (1987) Ecología trófica de la merluza común del Mar Argentino (Merlucciidae, *Merluccius hubbsi*). Parte 2. Dinámica de la alimentación analizada sobre la base de las condiciones ambientales, la estructura y las evaluaciones de los efectivos en su área de distribución. *INIDEP, Cont.* 561. 205 p

Anonymous (1999) Protocol for the scientific evaluation of proposals to cull marine mammals. Report of the scientific advisory committee of the marine mammals action plan. UNEP, Rome, Italy. 30 p

Anuario Estadístico de Turismo (2018-2019) Ministerio de Turismo y Áreas Protegidas. Provincia de Chubut 77 p

Arias M., Coscarella M. A., Romero M. A., Svendsen G. M., Ocampo Reinaldo M., Curcio N. S., Crespo E. A., González R. A. C. (2018) Impact of whale-watching on Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) in Patagonia: assessing the effects from its beginnings in the context of population growth. *Tour Manag Persp*, 27:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.tmp.2018.03.005>

Barlow J., Boveng P. (1991) Modeling age-specific mortality for marine mammal populations. *Mar Mamm Sci* 7:50-65

Barstow R. (1990) Beyond whale species survival-peaceful coexistence and mutual enrichment as a basis for human-cetacean relations. *Mamm Rev* 20:65-73

Basso M. (1997) Avaliação da dieta alimentar de toninhas, *Pontoporia blainvillei* (Gervais & D'orbigny, 1844), capturadas acidentalmente na costa sul do Rio Grande do Sul. Tese do Grau de Oceanolog FURG. 68 p

Bayón C., Politis G. (2014) The intertidal zone site of La Olla: Early- middle Holocene human adaptation on the Pampean coast of Argentina. In Evans AM, Flatman JC, Flemming NC (Eds). Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf: A Global Review, Springer: New York; 115130

Best P. B. (1993) Increase rates in severely depleted stocks of baleen whales. *Int Comm Explor Sea, J Mar Sci* 50:169-186

Bonner W. N. (1982) Seals and man: a study of interactions. *Univ Wash Pr* 170 p  
 Borella F (2014) Zooarchaeological evidence of Otariids in continental coast of Patagonia, Argentina: Old and new perspectives. In Muñoz AS, Götz CM, Roca ER (Eds). Neotropical and Caribbean aquatic mammals. Perspective from archaeology and conservation biology, Nova Sci Pub: N York; 135-160

Castilho P. V., Simões-Lopes P. C. (2008) Mammals in archaeological sites on the southern coast of Brazil. *Rev Mus Arqu e Etnol, São Paulo* 18:101-113

Caughley G. (1966) Mortality patterns in mammals. *Ecol* 47:906- 918

Clapham P. J., Brownell Jr R. L. (1996) The potential for interspecific competition in baleen whales. *Rep Int Whal Comm* 46:361-367

Constantine R., Baker S. (1997) Monitoring the commercial swimwith-dolphins operations in the Bay of Islands. *Sci Cons* 56. 59 p

Cooke J., Rowntree V., Sironi M. (2015) Southwest Atlantic right whales: interim updated population assessment from photo-id collected at Península Valdés, Argentina. SC/66a/BRG/23 IWC Scientific Committee.

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.

Crespo E. A. (2009) South American marine mammals. 2nd. Edition *Encyc Mar Mamm. Ac Pr* 1071- 1076

Crespo E. A. (2018) Franciscana dolphin, *Pontoporia blainvillei*. 3rd. Edition *Encyc Mar Mamm. Ac Pr* 388-392

Crespo E. A. (2022) Long-term population trends of Patagonian marine mammals and their ecosystem interactions in the context of climate change. Chapter 9 in: *Global change in Atlantic coastal Patagonian ecosystems: A journey through*

time. Springer Nature, Serie: Natural and Social Sciences of Patagonia. (Eds: E. W. Helbling, M. Narvarte, R. A. González & V. E. Villafañe.

Crespo E. A., Hall M. A. (2001) Interactions between aquatic mammals and humans in the context of Ecosystem Management. In: Evans PGH, Raga JA (Eds). Marine mammals: Biology and conservation. Kluwer Academic / Plenum Publishers. Chapter 13, 463-490

Crespo E. A., Corcuera J., Lopez Cazorla A. (1994) Interactions between marine mammals and fisheries in some fishing areas of the coast of Argentina. Gillnets and Cetaceans. *Int Whal Comm Sp Is* 15:283-290

Crespo E. A., Pedraza S. N., Dans S. L., Koen Alonso M., Reyes L. M., Garcia N. A., Coscarella M., Schiavini A. C. M. (1997) Direct and indirect effects of the highseas fisheries on the marine mammal populations in the northern and central Patagonian coast. *J. Northw Atl Fish Sci* 22:189-207

Crespo E.A., Koen Alonso M., Dans S.L., García N.A., Pedraza S.N., Coscarella M.A., González R. (2000) Incidental catch of dolphins in mid-water trawls for southern anchovy off Patagonia. *J Cet Res Manag* 2:11-16

Crespo E. A., Lewis M. N., Campagna C. (2007) Mamíferos marinos: pinnípedios y cetáceos. In: *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros*, Tomo 5 El Ecosistema Marino. INIDEP. Pp 127-150

Crespo E. A., Pedraza S. N., Grandi M. F., Dans S. L., Garaffo G. (2010) Abundance estimation of Franciscana dolphins (*Pontoporia blainvillei*) in Argentine waters and implications for the conservation of the species. *Mar Mamm Sci* 26:17- 35

Crespo E. A., Oliva D., Dans S. L., Sepúlveda M (Eds.) (2012) Estado de situación del lobo marino común en su área de distribución. Current situation of the South American Sea Lion along the distribution range. *Univ Valparaíso* 144 p

Crespo, E. A., Schiavini A. C. M., García N. A., Franco-Trecu V., Goodall R. N. P., Rodríguez D., Morgante J., Oliveira L. R. (2015) Status, population trend and genetic structure of South American fur seals *Arctocephalus australis* in southwestern Atlantic waters. *Mar Mamm Sci* 31:866–890

Crespo E. A., Pedraza S. N., Dans S. L., Svendsen G. M., Degradi M., Coscarella M. A. (2018) Southwestern Atlantic southern right whales *Eubalaena australis* still growing but at a decelerated speed. *Mar Mamm Sci* DOI:10.1111/ mms.12526

Dans S. L., Crespo E. A., Garcia N. A., Reyes L. M., Pedraza S. N, Koen Alonso M. (1997) Incidental mortality of Patagonian dusky dolphins in Interacciones a largo plazo de los mamíferos marinos con la especie humana en la Patagonia...

23 mid-water trawling: Retrospective effects from the early 80's. Rep Int Whal Comm 47:699-704

DeMaster D. P. (1984) A review of density dependence in marine mammals. In: Proceeding of the Workshop on biological interactions among marine mammals and commercial fisheries in the southeastern Bering Sea. Alaska Sea Grant Rep 84, 139-148.

Doidge D. W., Croxall J. P., Baker J. R. (1984) Density-dependent pup mortality in the Antarctic fur seal *Arctocephalus gazella* at South Georgia. J Zool (London) 202:449-460

Drago M., Cardona L., Crespo E. A., Grandi M. F., Aguilar A. (2010) Reduction of skull size in South American sea lions reveals density dependent growth during population recovery. Mar Ecol Prog Ser 420: 253-261

Eberhardt L. L. (1977) Optimal policies for conservation of large mammals with special reference to marine ecosystems. Env Cons 4:205-212

Estes J. A. (1979) Exploitation of marine mammals: r-selection of K-strategists? J Fish Res Bd Can 36:1009-1017

Evans P. G. H. (1987) The natural history of whales and dolphins. Ac Pr/Facts on File Pub London & New York 343 p

Evans P. G. H., Stirling I. (2001) Life history strategies of marine mammals. In: Evans PGH, Raga JA (Eds) Marine mammals: Biology and conservation. Kluwer Academic / Plenum Pub Chapter 1 7-62

Forcada J., Trathan P. N., Reid K., Murphy E. J. (2005) The effects of global climate variability in pup production of Antarctic fur seals. Ecol 86:2408-2417

Fowler C. W. (1981) Density dependence as related to life history strategies. Ecol 62:602-610

Fowler C. W. (1984) Density dependence in cetacean populations. Rep Int Whal Comm (Sp Is 6) 373-379

Franco-Trecu V., Drago M., Grandi M. F., Soutullo A., Crespo E. A., Inchausti P. (2019) Abundance and population trends of the south American fur seal (*Arctocephalus australis*) in the southern Atlantic. Aq Mamm 45(1) 48-55, DOI 10.1578/AM.45.1.2019.48

Geraci JR, St. Aubin D. J. (1990) Sea mammals and oil: confronting the risks. Ac Pr 282 p

Godoy J. C. (1963) Fauna Argentina. Consejo Federal de Inversiones. Serie: Evaluación de los recursos naturales renovables 8(1) Buenos Aires, 527 p

Gómez Otero J. (2007) Dieta, uso del espacio y evolución en sociedades cazadoras-recolectoras de la costa centro-septentrional de Patagonia durante el Holoceno medio y tardío. PhD Thesis Archaeol Univ Buenos Aires. 465 p + 16 maps

Grandi M. F., Dans S. L., Crespo E. A. (2016) Improvement in survivorship: the key for population recovery? *Zool Stud* 55: 9. doi:10.6620/ZS.2016.55-09

Grandi M. F., Vales D., Heredia F., Sosa Drouville A., D'Agostino V., Milano V., Pollicelli A., Crespo E. A. (2020) Informe del relevamiento de los apostaderos de lobos marinos comunes, *Otaria flavescens*, del norte de Chubut durante enero de 2020. (in Spanish), submitted to Sec Tur Áreas Prot Prov Chubut

Hall M. A. (1996) On by catches. *Rev Fish Biol Fish* 6:319-352

Hall M. A. (1998) An ecological view of the tuna-dolphin problem: impacts and trade-offs. *Rev Fish Biol Fish* 8:1-34

Herrera V. (2011) Dieta de la raya picuda, *Dipturus chilensis*, en aguas de Patagonia Argentina durante el período 2011 y su comparación con períodos anteriores. Grad St Thesis (FCEN-UBA), 79 p

Hoyt E., Iñíguez M. (2008) Estado del avistamiento de cetáceos en América Latina. WDCS, Chippenham, UK, IFAW (Yarmouth Port, USA, and Global Ocean, London, 60 p

Innes S., Lavigne D. M., Earle W. M., Kovacs K. M. (1987) Feeding rates of seals and whales. *J Anim Ecol* 56:115-130 International Whaling Commission (1994) Report of the scientific committee. Annex H: The revised management procedure for baleen whales. *Rep Int Whal Comm* 44:145-152

International Whaling Commission (1997) Report of the scientific committee. Annex Q: Report of the whale-watching working group. *Rep Int Whal Comm* 47:250-256

Klein E. S., Hill S. L., Hinke J. T., Phillips T., Watters G. M. (2018) Impacts of rising sea temperature on krill increase risks for predators in the Scotia Sea. *PLoS ONE* 13(1):e0191011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0191011>

Koen Alonso M. (1999) Comparative study of diet of several high trophic level predators of the marine community in north and central Patagonia. 215 pag Ph.D. Thesis. Univ Buenos Aires



Koen Alonso M., Crespo E. A., Garcia N. A., Pedraza S. N., Coscarella M. (1998) Diet of dusky dolphins (*Lagenorhynchus Obscurus*), in waters of Patagonia, Argentina. *Fish Bull* 96:366-374

Koen Alonso M., Crespo E. A., Pedraza S. N., Garcia N. A., Coscarella M. (2000) Feeding habits of the southern sea lion *Otaria flavescens* of Patagonia. *Fish Bull* 97:250-263

Leeper R., Cooke J., Trathan P., Reid K., Rowntree V., Payne R. (2006) Global climate drives southern right whale (*Eubalaena australis*) population dynamics. *Biol Lett* 2:289-292

Lockyer C. (1984) Review of baleen whale (Mysticeti) reproduction and implications for management. *Rep Int Whal Comm (Sp Is 6)*:27-50

Loneman, Hurst, Rees, Orme, Brown and Green Yodzis P. (1994) Predator-prey theory and management of multispecies fisheries. *Ecological applications* 4(1): 51-58.

McLaren I., Smith T. G. (1985) Population ecology of seals: retrospective and prospective views. *Mar Mamm Sci* 1:54-83

Orquera L. A., Piana E. L., Sala A. E., Tapia A. H. (1979) Ocho mil años de historia en el canal Beagle. *Antropol Cs Nat* 1:10-23

Orquera L. A., Piana E. L. (1983) Adaptaciones marítimas prehistóricas en el litoral magallánico-fueguino. *Rel Soc Arg Antrop* 15:225- 235

Orquera L. A., Piana E. L. (1984) Segunda parte, historia inicial: Los asentamientos indígenas. Pp 69- 74. In: *Municip Ushuaia (Ed.) Ushuaia, 1884-1984. Cien años de una ciudad argentina.*

Orquera L. A., Piana E. L. (1987) Human littoral adaptation in the Beagle channel region: Maximum possible age. *Quat South Amer Antarc Penin* 5:133-162

Orquera L. A., Piana E. L. (1999) Arqueología de la región del canal Beagle (Tierra del Fuego, República Argentina). *Soc Arg Antrop Buenos Aires*, 146 p

Payne R. (1986) Long term behavioural studies of the southern right whale (*Eubalaena australis*). *Rep Int Whal Comm (Sp Is 10)*:161- 167

Payne R., Rowntree V., Perkins J. S., Cooke J. G., Lankester L. (1990) Population size, trends and reproductive parameters of right whales (*Eubalaena australis*) off Península Valdés, Argentina. *Rep Int Whal Comm (Sp Is 12)*:271- 278

Perrin W. F., Reilly S. B. (1984) Reproductive parameters of dolphins and small whales of the family Delphinidae. Rep Int Whal Comm (Sp Is 6):97-134

Peterson B. W. (1948) South Atlantic whaling: 1603–1830. Ph.D. Thesis Univ California

Piana E. L. (1984) Arrinconamiento o adaptación en Tierra del Fuego. En: Antropología Argentina. Universidad de Belgrano, Buenos Aires. Pp. 12-110

Pinedo M. C. (1982) Análise dos conteúdos estomacais de *Pontoporia blainvillei* (Gervais and D'Orbigny, 1844) e *Tursiops geophysicus* (Lahille, 1908) (Cetacea, Platanistidae e Delphinidae) na zona estuarial e costeira de Rio Grande, RS, Brasil. MA Thesis Fund Univ. Rio Grande Brazil 95p

Pinedo M. C. (1994) Review of small cetacean-fishery interactions in southern Brazil with special reference to the franciscana, *Pontoporia blainvillei*. Rep Int Whal Comm (Sp Is 15):251-260

Ratto H. R. (1931) Actividades de pesca en la costa Patagónica y fin de sus poblaciones coloniales. Bol Cent Naval 49:187-201

Reeves, R. R., B. D. Smith, E. A. Crespo & G. Notarbartolo di Sciara. (Compilers) (2003). Dolphins, Whales, and Porpoises: 2002- 2010 Conservation Action Plan for the World's Cetaceans. IUCN/ SSC Cetacean Specialist Group, IUCN Gland, Switzerland and Cambridge, UK. Ix + 139 pp.

Riedman M. (1990) The pinnipeds: Seals, sea lions, and walruses. Univ California Pr 439 p

Romero M. A., Grandi M. F., Koen-Alonso M., Svendsen G., Ocampo-Reinaldo M., García N. A., Dans S. L., González R., Crespo E. A. (2017) Analysing the natural population growth of a large marine mammal after a depletive harvest. Sci Rep 7: 5271 | DOI:10.1038/ s41598-017-05577-6

Romero M. A., Coscarella M. A., Pedraza J. C., R González Crespo E. A. (2022) Historical reconstruction of the population dynamics of southern right whales in the western South Atlantic Ocean. Sci Rep.

Saporiti F, Bearhop S., Silva L., Vales D.G., Zenteno L., Crespo E. A., Aguilar A., Cardona L. (2014) Longer and less overlapped food webs in anthropogenically disturbed marine ecosystems: confirmations from the past. PLOSone: 9 (7) e103132

Schiavini A. C. M. (1990) Estudio de la relación entre el hombre y los pinnípedos en el proceso adaptativo humano al Canal Beagle, Tierra del Fuego, Argentina. Ph.D. Thesis Univ Buenos Aires, 303 p

Schiavini A. C. M. (1992) Hombres y lobos marinos en la Sudamérica Austral. In: Lichter AA (Ed) Huellas en la arena, sombras en el mar. Los mamíferos marinos de la Argentina y la Antártida, Ed Terra Nova: Buenos Aires; 250-254

Secchi E. R., Zerbini A. N., Basoi M., Dalla Rosa L., Möller L. M., RochaCampos C. C. (1997) Mortality of franciscanas, *Pontoporia blainvillei*, in coastal gillnets in southern Brazil: 1994-1995. Rep Int Whal Comm 47:653-658

Seyboth E., Groch K. R., Dalla Rosa L., Reid K., Flores P. A. C., Secchi E. R. (2016) Southern right whale (*Eubalaena australis*) reproductive success is influenced by krill (*Euphausia superba*) density and climate. Sci Rep 6:28205 DOI: 10.1038/srep28205

Stroud C. (1996) The ethics and politics of whaling. In: Simmonds MP, Hutchinson JD (Ed) The conservation of whales and dolphins pp. 55-87. J Wiley & Sons, London Tormosov DD,

Mikhailiev Y. A., Best P. B., Zemsky V. A., Sekiguchi K., Brownell Jr R. L. (1998) Soviet catches of southern right whales *Eubalaena australis*, 1951-1971. Biological data and conservation implications. Biol Cons 86:185- 197

Trathan P. N., Brierley A. S., Brandon M. A. et al. (2003) Oceanographic variability and changes in Antarctic krill (*Euphausia superba*) abundance at South Georgia. Fish Oceanog 12:569-83

Trathan P. N., Murphy E. J., Forcada J., Croxall J. P., Reid K., Thorpe S. E. (2006) Physical forcing in the southwest Atlantic: ecosystem control. In: Boyd IL, Wanless S, Camphuysen K (Eds) Top predators in marine ecosystems: their role in monitoring and management 28-45. Camb UK Cambridge Univ Pr

Trathan P. N., Forcada J., Murphy E. J. (2007) Environmental forcing and Southern Ocean marine predator populations: effects of climate change and variability. Phil Trans R Soc B 2007 362, 2351-2365 doi: 10.1098/rstb.2006.1953

Weddell J. (1825) A Voyage towards the South Pole performed in the years 1822 - 1824 by James Weddell Master in the Royal Navy, London 1825, 276 pp

Yodzis P. (1998) Local trophodynamics and marine mammals and fisheries in the Benguela ecosystem. J. Animal Ecology 67:635- 658.

Yodzis P. (2000) Diffuse effects in food webs. Ecology 81(1): 261- 266.

Zangrando A. F., Panarello H., Piana E. L. (2014) Zooarchaeological and stable isotopic assessments on pinniped-human relations in the Beagle channel (Tierra del Fuego, southern South America). Int J Osteoarch 24:231-244

Zerbini A. N., Secchi E. R., Crespo E. A., Danilewicz D., Reeves R. R. (2017) Franciscana *Pontoporia blainvillei* (Gervais & d'Orbigny, 1844). Red list of threatened species. [www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)

### El Golfo San Jorge como área prioritaria de investigación, manejo y conservación en el marco de la Iniciativa Pampa Azul

**Silvana Dans<sup>1,2</sup>, Adrián Cefarelli<sup>3</sup>, David Galván<sup>1</sup>, María Eva Gongora<sup>4</sup>, Patricia Martos<sup>5</sup>, Martín Varisco<sup>3,6</sup>, Gustavo Alvarez Colombo<sup>7</sup>, Silvia Blanc<sup>8,9</sup>, Patricio Bos<sup>8,9</sup>, Nelson Bovcon<sup>4,10</sup>, Marcela Charo<sup>11</sup>, Mariano Cinquini<sup>8,9</sup>, Carla Derisio<sup>7</sup>, Ana Dogliotti<sup>12</sup>, Gustavo Ferreyra<sup>13</sup>, Manuela Funes<sup>15</sup>, Diego Giberto<sup>14,15</sup>, Cristian Halm, Constanza Hozbor<sup>16</sup>, Alejo Irigoyen<sup>1</sup>, Mirtha Lewis<sup>1,3</sup>, Gustavo Macchi<sup>7,15</sup>, Reinaldo Maenza<sup>17</sup>, Ariadna Nocera<sup>1,2</sup>, Flavio Paparazzo<sup>1,18</sup>, Ana Parma<sup>1</sup>, Juan Pablo Pisoni<sup>1,18</sup>, Igor Prario<sup>8,9</sup>, Noela Sánchez-Carnero<sup>1,19</sup>, Viviana Sastre<sup>20</sup>, Valeria Segura<sup>21</sup>, Ricardo Silva<sup>21</sup>, Agustín Schiariti<sup>7,15</sup>, Brenda Temperoni<sup>7,15</sup>, Mariano Tonini<sup>22</sup>, Analía Tolivia<sup>8,9</sup>, Gaston Trobbiani<sup>23</sup>, Leonardo Venerus<sup>24</sup>, Maria Vernet<sup>25</sup>, Julio Vinuesa<sup>3</sup>, Lujan Villanueva Gomila<sup>1</sup>, Gabriela Williams<sup>1</sup>, Pablo Yorio<sup>1,26</sup>, Marcos Zárate<sup>1</sup>**

1. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CESIMAR-CONICET, Boulevard Brown 2915 (PC 9120), Puerto Madryn, Argentina
2. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Boulevard Brown 3051 (PC 9120), Puerto Madryn, Argentina
3. Instituto Multidisciplinario para la Investigación y el Desarrollo Productivo y Social de la Cuenca del Golfo San Jorge. CONICET,
4. Instituto de Investigación de Hidrobiología, Facultad de Ciencias Naturales y Ciencias de la Salud, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB)
5. Universidad Nacional de Mar de Plata (UNMDP), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEyN), Dpto. de Ciencias Marinas.
6. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia.
7. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), Mar del Plata
8. Departamento de Propagación Acústica, Dirección de Investigación de la Armada (DIIV-ARA)
9. UNIDEF (Unidad de Investigación y Desarrollo Estratégicos para la Defensa) (CONICET/MinDef).



10. Secretaría de Pesca de la Provincia del Chubut
11. Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires, Argentina.
12. Instituto de Astronomía y Física del Espacio (IAFE), CONICET-Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires C1428EGA, Argentina
13. Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET)
14. Laboratorio de Bentos. Proyecto Ecología Pesquera. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
15. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC, UNMdP-CONICET)
16. Gabinete Genética Molecular y Microbiología, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
17. Gabinete de Oceanografía Física, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).
18. Instituto Patagónico del Mar, Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, IPaM-UNPSJB, Boulevard Brown 3051 (PC9120), Puerto Madryn, Argentina
19. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco
20. Laboratorio de Fitoplancton. Instituto de Investigación de Hidrobiología. FCNyCS. UNPSJB. Trelew
21. Programa de Dinámica del Plancton y Cambio Climático, Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
22. Grupo de Estudios Ambientales, GEA-IPATEC (Instituto Andino-Patagónico de Tecnologías Biológicas y Geoambientales), CONICET/UNCO Av. de los Pioneros 2350, (8400) S. C. de Bariloche, Argentina
23. Laboratorio de Ecología de Peces /Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR) (CENPAT-CONICET)
24. Red de Trabajo en Pesquerías y Ecosistemas Costeros, Centro para el Estudio de Sistemas Marinos, CESIMAR-CONICET, Boulevard Brown 2915 (PC9120), Puerto Madryn, Argentina
25. Integrative Oceanography Division, MC 0218 Scripps Institution of Oceanography
26. Wildlife Conservation Society Argentina

\* dans@cenpat-conicet.gob.ar

**Palabras clave:** Estudio integral y multidisciplinario, Enfoque ecosistémico, Mar Argentino, Servicios ecosistémicos marinos, Golfo San Jorge.

**Keywords:** Multidisciplinary and integral Study, Ecosystem Approach, Argentine Sea, Marine Ecosystems services, San Jorge Gulf.

## Resumen

El Golfo San Jorge (GSJ) fue incluido como una de las áreas geográficas prioritarias en el marco de la Iniciativa Pampa Azul por ser una de las regiones más productivas y con mayor diversidad del Mar Argentino. La región es clave en el ciclo de vida de los recursos pesqueros más importantes de Argentina y cuenta con áreas protegidas destinadas a la conservación de su biodiversidad y con un alto potencial para el desarrollo turístico. La jurisdicción del GSJ es compartida por las provincias de Chubut y Santa Cruz, mientras que las aguas adyacentes de plataforma están bajo jurisdicción nacional. Este carácter interjurisdiccional, sumado al gran número de instituciones involucradas en su estudio y gestión generan interesantes desafíos en materia de políticas de investigación y manejo. Este capítulo pretende dar a conocer la importancia del GSJ, el conocimiento existente acerca del sistema, y la necesidad de construir, ejecutar y sostener un programa de investigación y monitoreo a largo plazo con un foco en los servicios que presta este ecosistema y los impactos de las actividades que allí se desarrollan. Los avances realizados en esa dirección son puestos en el contexto nacional y mundial, no solo por el conocimiento generado sino también por el logro de haber nucleado a varias instituciones del país dando inicio a un programa de investigación multidisciplinario con un enfoque ecosistémico, impulsado desde la iniciativa Pampa Azul.

## Abstract

### **Golfo San Jorge as a priority area for research, management and conservation within the framework of the Pampa Azul Initiative.**

San Jorge Gulf (GSJ) was included among Areas of priority by the National Initiative Pampa Azul since it is one of the most productive and diverse regions of the Argentine Sea. It is a key region for the life cycle of several species including most important fishery resources, the definition of protected areas of biodiversity conservation interest, and for a potential tourism development. This region is under provincial (Chubut and Santa Cruz Provinces) but also national jurisdiction, and several institutions are engaged in research as well management, so the area represents a challenge for research and management policies. The goal of this chapter is to acknowledge the importance of GSJ, to present the main results of ongoing research, and highlight the need of building, carrying on and sustaining a research and monitoring program in the long term, focusing on ecosystem services and human impacts. Advances are contextualized in national and international frameworks, not only due to the importance of new scientific knowledge achieved, but also for the response and collaboration of several institutions to the need of constructing a multidisciplinary program with an Ecosystem Approach, requested by Pampa Azul.

## INTRODUCCIÓN

Los océanos suministran alimento y contribuyen a los medios de subsistencia de más de 3000 millones de personas (UNESCO, 2021). Aportan más del 50 % del oxígeno del planeta a través de la fotosíntesis que allí se produce. Además, son aliados esenciales en la lucha contra el cambio climático y una fuente de importantes valores culturales, estéticos y recreativos, a los que se suman nuevos servicios con el potencial de generar importantes beneficios, como la energía renovable, los recursos genéticos marinos, o los minerales de aguas profundas. Históricamente los océanos fueron considerados inagotables, proveedores de recursos percibidos como infinitos. Sin embargo, en la actualidad hay una preocupación creciente acerca del impacto de múltiples actividades terrestres y marinas sobre la salud de los océanos y sus recursos. Las zonas costeras, que representan el 4% del total de la superficie de tierra y el 11% de la superficie oceánica, contienen más del 30% de la población mundial y dan cuenta del 90% de las capturas de las pesquerías marinas (Barbier, 2017).

La importancia de los océanos y mares y su relevancia para los objetivos de desarrollo sostenible han hecho que la UNESCO remarque la necesidad de generar conocimiento y de renovar las capacidades de las ciencias para brindar soluciones pertinentes al desarrollo sostenible (El Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible 2021-2030). Esta transformación involucra la participación de diferentes disciplinas, la integración de las ciencias naturales y sociales, así como las artes y las humanidades y la suma de los conocimientos locales (UNESCO, 2021).

Argentina cuenta con un extenso territorio marítimo, con un desarrollo heterogéneo de las actividades económicas basadas en los ambientes marinos, algunas consideradas por debajo de su potencial. El conocimiento de los ecosistemas marinos es aún fragmentario, y la integración de las diferentes disciplinas, necesaria para dar respuesta a problemas de manejo y dar apoyo al desarrollo sostenible, es aún incipiente.

Nuestro país es uno de los más extensos del mundo con más de 2,8 millones de km<sup>2</sup>, y uno de los 25 países con mayor longitud de línea de costa, la cual se puede aproximar a 5000 km, extendiéndose desde el estuario del Río de la Plata hasta el Canal Beagle (Boltovskoy, 2008), a lo que habría que sumarle Antártida e Islas del Atlántico Sur. Además, Argentina posee una extensa plataforma continental que alcanza más de 6,5 millones de km<sup>2</sup>, siendo una de las más grandes del mundo. El efecto combinado de las mareas, el viento predominante del oeste, la topografía del fondo, y la Corriente de Malvinas, que recorre su borde exterior llevando aguas de origen subantártico ricas en nutrientes más allá de los 40°S, dan a la plataforma continental características únicas desde el punto de vista físico, químico y biológico (Boltovskoy, 2008) (Nota 1). Los sistemas frontales que se dan tanto en el talud como en varias zonas de la plataforma media y línea de costa, presentan altas concentraciones de nutrientes, lo que redundará en mayor productividad primaria y secundaria en estas áreas. La principal ac-

tividad económica relacionada con el mar es la pesca comercial, cuyos recursos se basan en esta productividad. Pero, además, existen otras actividades como la extracción de petróleo y gas, transporte y turismo.

La generación de conocimiento para el manejo sostenible del mar representa un gran desafío, no solo por la vasta extensión del territorio marítimo de Argentina, sino por la necesidad de un cambio hacia un enfoque ecosistémico requiriéndose de la integración de disciplinas para lograrlo. Existen ya algunos antecedentes de obtención e integración de información sobre algunos aspectos o regiones específicas que representan esfuerzos para centrar el foco en el ecosistema (Nota 2).

Algunas de las limitaciones para el desarrollo de las ciencias dedicadas al mar han sido la escasa articulación interinstitucional, las restricciones presupuestarias y la precariedad de las infraestructuras. Pese a estas limitaciones y disparidades, las principales disciplinas científicas se hallan hoy sólidamente establecidas y constituyen una valiosa plataforma para una futura integración.

La iniciativa Pampa Azul comenzó a implementarse en 2014 con la finalidad de articular las acciones científico-tecnológicas impulsadas desde el Estado Argentino en relación con el mar (Pampa Azul, 2016). A su vez el propósito de esta iniciativa fue respaldado por la sanción de la Ley PROMAR N° 27.167, que establece además un fondo de financiación permanente para la investigación científico-tecnológica en el Atlántico Sur. Entre sus metas pretende generar conocimientos científicos interdisciplinarios que sirvan como fundamento para la preservación y el manejo sostenible de los bienes marinos. Por lo tanto, se espera que esta iniciativa cree las condiciones y realice las acciones necesarias para la integración de las disciplinas y el cambio de enfoque requerido para el estudio de los ecosistemas marinos.

La selección de áreas geográficas prioritarias ha sido una de las estrategias de la iniciativa, a fin de focalizar los esfuerzos de investigación (Pampa Azul, 2016). Sobre la base de sus características oceanográficas, la importancia de sus ecosistemas y el potencial impacto de las actividades humanas, se han identificado 5 áreas geográficas prioritarias, entre ellas, el Golfo San Jorge (GSJ). Este capítulo pretende dar a conocer la importancia de esta región de la plataforma continental argentina, y poner de manifiesto la necesidad de construir, ejecutar y sostener un programa de investigación y monitoreo a largo plazo para avanzar hacia el manejo sostenible de este sistema desde una perspectiva ecosistémica. En primer lugar se desarrollarán algunos conceptos que guían los objetivos de investigación para avanzar en un enfoque ecosistémico. A continuación, se presentarán las razones por las cuales el GSJ se considera área prioritaria y los avances alcanzados en el conocimiento del funcionamiento del sistema. Por último, se plantearán las perspectivas de investigación y monitoreo del GSJ, con la visión de un manejo sostenible.

## EL ECOSISTEMA COMO FOCO DEL MANEJO DE LOS AMBIENTES MARINOS

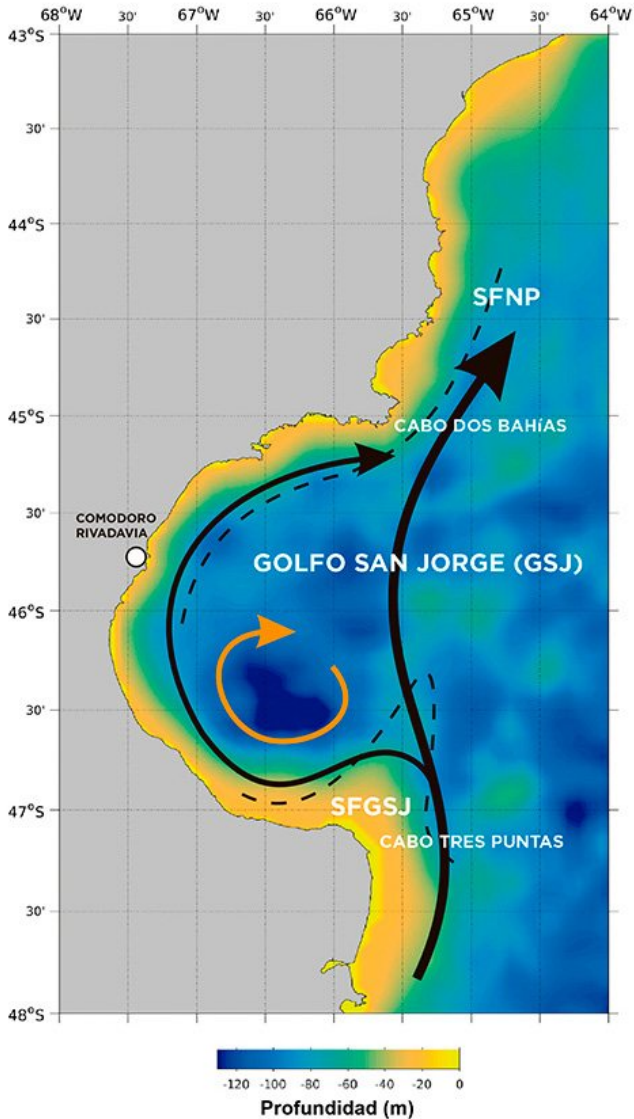
Al igual que para los ambientes terrestres, el manejo de los ambientes oceánicos y marinos requiere cambios de enfoque y desarrollo de nuevas ciencias (Jorgensen et al., 2007). La declaración de Río con su Agenda 21, en 1992, ha dado un giro respecto de la conservación del ambiente, enfatizando el concepto de sustentabilidad y desarrollo sostenible. Algunos años más tarde, la Convención de la Biodiversidad (CBD) ubicó al concepto de Ecosistema como pilar en los denominados principios para el manejo ambiental, lo que se ha denominado el Enfoque Ecosistémico (Secretariat of the Convention on Biological Diversity 2004). Este enfoque es una estrategia para el manejo integrado de la tierra, el agua, y los recursos vivos, que promueve la conservación y el uso sostenible en forma equitativa (Cooper y Noonan-Mooney, 2013), y coloca a la población humana como parte del ecosistema.

Este cambio de mirada ha puesto al ecosistema y su funcionamiento en el centro de atención. Para el manejo de los ambientes marinos, por lo tanto, la determinación de los límites del ecosistema marino y la definición de sus componentes son pasos esenciales para cualquier iniciativa de estudiar su funcionamiento.

Los océanos y mares contienen una diversidad de ambientes que pueden abarcar el borde costero, plataformas continentales y zonas oceánicas profundas. Esta diversidad da lugar a la existencia de diferentes ecosistemas, cuyos límites pueden estar definidos a diferentes escalas espaciales, pero lo más importante es que, para que un ecosistema sea distinguido de otro, tiene que tener una estructura trófica y un ciclo de materia determinados que lo diferencien. De esta manera, un ecosistema puede ser definido en una gota de agua o en una cuenca oceánica.

En el marco del enfoque ecosistémico, un ecosistema comprende componentes naturales y sociales. Esto ha motivado el desarrollo del concepto de Socioecosistema o Sistema Socioecológico, el cual considera que los sistemas naturales y sociales no funcionan independientemente, sino que son componentes de un mismo ecosistema, existiendo forzantes tanto biogeofísicos como sociales que influyen en su funcionamiento, y que a su vez interactúan entre sí (Redman et al., 2004). Éste es tal vez uno de los grandes desafíos, la interacción entre las ciencias naturales y sociales, dando un marco de referencia general para analizar la sustentabilidad de los ecosistemas (Ostrom, 2009). En nuestro país las investigaciones en ciencias del mar y manejo de recursos oceánicos estuvieron mayormente centradas en las ciencias naturales, y el estudio de los forzantes sociales es muy incipiente.





**Figura 1.** Esquema de Corrientes y Circulación en el GSJ. En líneas negras se indica la Corriente Patagónica, de dirección NNE, la cual se divide en dos ramas al llegar al GSJ, una ingresa por el sur del golfo y la otra continúa por la Plataforma. La circulación media anual en el golfo (indicada en línea en amarillo) está caracterizada por un giro ciclónico (horario) principal que se halla delimitado al oeste por una intensa corriente costera y hacia el este por la Corriente Patagónica. Las líneas punteadas ilustran la posición de los dos frentes señalados para la región: Sistema Frontal Norpatagónico (SFNP) y Sistema Frontal del Golfo San Jorge (SFGSJ). La escala de colores indica profundidad en metros. (Gentileza imagen: Dans et al., 2020).

## EL GOLFO SAN JORGE COMO ÁREA PRIORITARIA

El área prioritaria GSJ, debe su nombre al accidente geográfico Golfo San Jorge, aunque como ecosistema incluye también aguas adyacentes por fuera de sus límites geográficos debido a su relación con los procesos oceanográficos, biológicos, sociales y económicos, como discutiremos más adelante. El GSJ se ubica entre las latitudes de 45° y 47° S y las longitudes 65° y 68° O, y se extiende desde Cabo Dos Bahías en el norte hasta Cabo Tres Puntas en el sur. La “boca” del golfo, entendida como la distancia entre estos dos cabos, es de 244 km (Fig. 1).

El GSJ es una cuenca semiabierta de 40.000 km<sup>2</sup> de área, y es el mayor golfo del litoral marítimo argentino. Millones de años de procesos geológicos y sucesivos avances y retrocesos del mar fueron moldeando su actual fisonomía. Las áreas próximas a los cabos están formadas por rocas volcánicas (basaltos), mientras que las costas interiores son producto de procesos erosivos y de sedimentación. La costa norte se caracteriza por sus numerosos accidentes: caletas, bahías, islas e islotes. La costa centro y sur alterna elevados acantilados y playas principalmente de canto rodado, aunque también es posible hallar amplias playas de arena. Se destacan las llamadas “restingas” conformadas por arcillas consolidadas expuestas por el retroceso de las costas producto de la erosión.

Las profundidades del golfo aumentan radialmente desde la costa hacia el centro, donde se alcanzan las profundidades máximas (100 m) (Fig.1). La profundidad disminuye hacia la “boca” lo que determina que el golfo tenga una forma semejante a una palangana. En la boca, la profundidad varía entre los 80 y 90 m en el norte y centro, y disminuye hacia el sur, oscilando entre 30 y 50 m. Existe en el sector sur un banco de arena prominente (conocido como “la pared”) que sigue la isobata de 80 m de profundidad con dirección NNE hasta la latitud media del golfo. Este banco restringe el intercambio de agua entre el golfo y la plataforma adyacente.

Los fondos de la mayor parte del golfo están conformados por arenas finas, limo y arcillas, mientras que las áreas próximas a los cabos presentan fondos formados por arena gruesa, grava y rocas. Debido a que no tiene aportes fluviales, el sedimento llega principalmente por efecto del viento y por fenómenos de gravedad desde los sectores costeros, incluso episódicamente puede recibir aportes volcánicos. El golfo está sujeto a un régimen de mareas semidiurno, con dos pleamares y dos bajamares al día, con una amplitud media de 4,20 m, dando lugar a un extenso ambiente intermareal comprendido entre las líneas de bajar-mar y pleamar. En esta región el aporte de energía provista por las mareas está entre los más altos del mundo.

El clima en la región del GSJ responde al tipo Patagónico Semiárido, con características templado-frío, con temperaturas medias de 20 °C en verano y 6 °C en invierno. La velocidad media anual del viento es 32 km/h, cuya dirección predominante es del oeste, y la precipitación media anual es de 250 mm/año.

El GSJ es uno de los socioecosistemas marinos de mayor complejidad del Mar Argentino, tanto por su biodiversidad, por los múltiples servicios que ofrece a la sociedad, tales como la pesca, la explotación y transporte de hidrocarburos, el turismo y la recreación, y por ser fuente de inspiración y parte del acervo cultural (Fig. 2). Otro aspecto que suma complejidad a este sistema es el hecho que la jurisdicción es compartida entre las provincias de Chubut y Santa Cruz, mientras que el sector de plataforma adyacente se encuentra bajo jurisdicción nacional.

El GSJ además posee una alta productividad y heterogeneidad ambiental, lo que lo convierten en un sitio clave para la reproducción y crianza de peces e invertebrados, varios de ellos de importancia comercial como el langostino *Pleoticus muelleri* y la merluza común *Merluccius hubbsi*. En el GSJ habitan por lo menos 120 especies de peces de las 600 registradas para el Mar Argentino, además, las comunidades asociadas al fondo albergan una importante diversidad de invertebrados. La variedad de ambientes litorales, incluidas islas e islotes en el área norte del GSJ, sumado a la alta disponibilidad de alimento, brindan condiciones favorables para la reproducción y alimentación de una comunidad diversa de aves y mamíferos marinos.

El GSJ también es parte de la cuenca petrolífera también denominada Golfo San Jorge, la cual ha apuntalado el desarrollo de la industria petrolera de nuestro país. En la actualidad, esta cuenca aporta el 32% del petróleo producido en el país, el cual es transportado vía marítima, por lo que el GSJ también es un escenario clave en el transporte de hidrocarburos. Si bien un tercio de la cuenca se



**Figura 2.** El Golfo San Jorge es un complejo socioecosistema, resultado de una interacción dinámica entre la naturaleza y la sociedad (Gentileza imagen: Dans et al., 2020).

halla sumergida y existen concesiones otorgadas, la explotación *off shore* aún no ha sido llevada adelante.

El GSJ y aguas adyacentes fueron el epicentro de la pesquería de langostino hasta 2015. En sus aguas también se desarrollan la pesquería de merluza común y centolla, *Lithodes santolla*. Estas pesquerías se han desarrollado principalmente a una escala industrial, pero en el borde costero del GSJ también tienen lugar diversas pesquerías artesanales que operan sobre recursos costeros como el pulpo *Enteroctopus megalochyathus*, la centolla, pejerreyes del género *Odontesthes*, el róbalo *Eleginops maclovinus* y el pez gallo *Callorhinchus callorhynchus*.

Las aguas productivas del GSJ albergan una importante diversidad de especies de tiburones, aves y mamíferos, algunas de las cuales migran o se dispersan desde distintas regiones. Varias de estas especies son objeto de conservación de las áreas naturales protegidas Provinciales Punta Marqués, Rocas Coloradas, Parque Natural Provincial Monte Loiza, y del Parque Interjurisdiccional Marino Costero Patagonia Austral. Estas áreas protegidas no solo tienen implicancias en la conservación de la flora, la fauna y el paisaje (entre otros), sino que constituyen un motor para el desarrollo del turismo en la región.

Hasta hace unos años, los esfuerzos de investigación sobre el GSJ han respondido a intereses de sectores productivos específicos (ej. pesca, petróleo), o a la necesidad de protección y conservación de especies y ambientes particulares, sin que existiera una evaluación integrada del ecosistema, ni los canales y mecanismos apropiados para fomentar la interacción entre disciplinas científicas, instituciones y áreas de aplicación. La actividad pesquera ha motorizado gran parte de las iniciativas de investigación científica en la región, a través de las campañas de evaluación de los diferentes recursos que desarrolla el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP).

En los últimos años, y a partir del reconocimiento del GSJ como un área prioritaria para la investigación científica, se han puesto en marcha iniciativas tendientes a mejorar la caracterización del golfo y comprender su funcionamiento de una manera más integral, motivando la interacción interdisciplinaria e interinstitucional. Ejemplos de estas iniciativas son el Proyecto MARES (Marine Ecosystem Health of the San Jorge Gulf: present status and resilience capacity) iniciado en 2014, y más recientemente el Programa de Investigación y Monitoreo del GSJ (PIMGSJ) en el marco de la iniciativa Pampa Azul. Todos estos esfuerzos de investigación permitieron importantes avances en el conocimiento del ecosistema del GSJ, y actualmente el PIMGSJ continúa haciendo esfuerzos para cumplir sus objetivos. Pero todavía resta mucho por conocer, más aún si se considera el escenario de cambio climático, la presión antrópica creciente y el carácter dinámico de este socioecosistema.

## AVANCES EN EL CONOCIMIENTO DEL ÁREA PRIORITARIA GSJ

### El sistema físico

La circulación de las aguas dentro del GSJ y su conexión con la plataforma patagónica, al igual que sus características de temperatura, salinidad y densidad, afectan el funcionamiento del ecosistema y las actividades económicas que allí se desarrollan. La circulación oceánica se conoce principalmente a partir de modelos numéricos que resuelven las ecuaciones físicas que gobiernan el movimiento del agua, pero sus predicciones necesitan aún ser validadas con observaciones de largo plazo en sitios estratégicos.

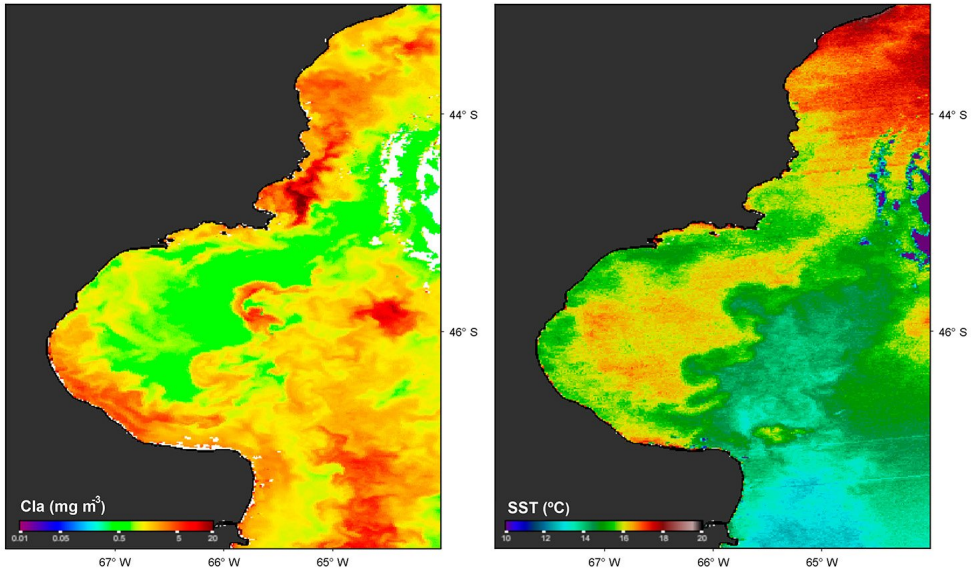
La región costera sur de la plataforma patagónica está ocupada por aguas subantárticas modificadas (salinidades menores que 33,9) que ingresan a la plataforma a través del Estrecho de Magallanes (salinidades menores que 32) y del Estrecho de Le Maire (salinidades menores que 33), reflejando la influencia de aguas poco salinas advectadas desde la región costera del sur de Chile. Esta pluma de baja salinidad denominada Corriente Patagónica, se extiende hacia el noreste a lo largo de la costa y hacia mayores latitudes. Los resultados de modelos numéricos muestran que la Corriente Patagónica, que fluye hacia el NNE, se divide en dos ramas al llegar al GSJ, una ingresa por el sur del golfo y la otra continúa por la plataforma (Fig.1).

Dentro del GSJ, las aguas son influenciadas por el intercambio de calor con la atmósfera, la marea, los vientos locales y el intercambio de masas de agua con la plataforma. Recibe el aporte de masas de agua subantárticas más frías y con menor salinidad en el extremo sur, y no existen aportes significativos de agua dulce.

La circulación media anual del golfo está caracterizada por un giro ciclónico (horario) principal que se halla delimitado al oeste por una intensa corriente costera y hacia el este por la Corriente Patagónica. La variabilidad estacional en el interior está dominada por dos escenarios bien diferenciados. Un escenario de verano, mayormente controlado por la marea y la estratificación, que representa a la circulación media anual. En este modo la mayor penetración de la Corriente Patagónica hace que el intercambio del golfo con aguas externas sea máximo. Durante el escenario de invierno, delineado principalmente por el viento, el giro ciclónico se debilita significativamente y se genera un giro anticiclónico costero que gobierna la mitad sur del golfo con intercambios más débiles y confinados a la región norte del golfo.

Durante el verano, la columna de agua se divide en capas, donde las aguas más livianas y más cálidas se encuentran en la superficie y las aguas más densas y frías se ubican cerca del fondo. La temperatura media en verano alcanza los 16°C en superficie, siendo mínima en el fondo con valores de 9°C. En esta épo-





**Figura 3.** Concentración de Clorofila-a (izquierda) y Temperatura Superficial del Mar (Derecha) (MODIS-Aqua, 14 de Febrero de 2019) mostrando estructuras horizontales significativas relacionadas con las características oceanográficas generales de GSJ incluyendo frentes de marea a lo largo de la boca y en el extremo noreste del GSJ y la influencia de las aguas provenientes del sur transportadas por la Corriente Patagónica. Credits: NASA Goddard Space Flight Center, Ocean Ecology Laboratory, Ocean Biology Processing Group. Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) Aqua Ocean Color Data; 2018 Reprocessing. NASA OB.DAAC, Greenbelt, MD, USA. doi: data/10.5067/AQUA/MODIS/L2/OC/2018. Datos consultados el 15/02/2020, mapas creados por Gabriela N. Williams usando el programa SeaDAS. (Gentileza imagen: Dans et al., 2020).

ca, debido al máximo ingreso de calor en superficie, aumenta la temperatura superficial generando un cambio repentino de la temperatura a cierta profundidad denominada termoclina. En la capa de superficie los nutrientes son consumidos por los productores primarios, mientras que cerca del fondo se producen la regeneración y descomposición, procesos que devuelven nutrientes al mar. La gran diferencia de densidades arriba y abajo de la termoclina impide la mezcla vertical y, como consecuencia, los nutrientes son muy abundantes cerca del fondo y los de superficie llegan a concentraciones muy bajas limitando la productividad primaria. Por otro lado, las corrientes generadas por las grandes amplitudes de marea en interacción con la topografía de fondo favorecen la mezcla alcanzando a homogeneizar toda la columna de agua en sectores someros.

En otoño-invierno cuando la radiación solar disminuye y la fuerza del viento aumenta, las aguas se mezclan y la termoclina desaparece permitiendo el paso de

nutrientes a la superficie. Los valores de temperatura y salinidad son similares en toda la columna de agua, con registros que oscilan entre 6 a 9°C sobre todo el golfo. El rango de salinidad varía entre 32,9 al sur del GSJ a 33,5 en el centro y norte del mismo con pocas variaciones estacionales.

Otro fenómeno observado en la costa sudoeste del golfo es la existencia de flujos ascendentes (surgencias), producidos por la acción de vientos del oeste sobre el mar. Estas surgencias de aguas profundas ricas en nutrientes generan la fertilización de aguas superficiales donde se dan mejores condiciones de luz y estabilidad, y de esta manera se incrementa la productividad primaria.

Los extremos norte y sur del golfo se caracterizan por la presencia de sistemas frontales, áreas que separan aguas de características disímiles. El extremo norte recibe la influencia del Sistema Frontal Norpatagónico SFNP (42°30'-45°S), el que se forma en primavera y verano producto de la estratificación térmica y la elevada disipación de energía mareal existente en el área. El mismo separa áreas costeras homogéneas de aguas más profundas estratificadas. En el extremo sur se desarrolla el Sistema Frontal del Golfo San Jorge SFGSJ, de carácter permanente, que actúa como transición entre las aguas mezcladas y de baja salinidad que ingresan al golfo y las aguas interiores que exhiben estratificación estacional.

El polvo atmosférico también puede aportar nutrientes que favorecen el crecimiento de los productores primarios. Sin embargo, podría afectar negativamente a los organismos al hacer las aguas más turbias o a través del aporte de contaminantes.

## La productividad del GSJ

La productividad del GSJ está principalmente determinada por la presencia de los sistemas frontales antes descritos. Las interacciones entre la física, la química, la geomorfología y la biología son particularmente intensas en el golfo y, dada la existencia de diferentes ambientes desde el punto de vista fisicoquímico, las comunidades biológicas resultan también diferentes.

En los ecosistemas marinos, la productividad primaria depende casi exclusivamente de la fotosíntesis que realiza el fitoplancton. No obstante, en regiones costeras, las microalgas y macroalgas bentónicas también efectúan considerables aportes a dicha productividad. El fitoplancton inicia la ruta de la materia y la energía introduciendo carbono orgánico al medio a través de la fotosíntesis. Una gran parte de este carbono es consumido y reutilizado por otros organismos a través de la trama trófica, o devuelto a la atmósfera a través de los procesos respiratorios de productores y consumidores, mientras que otra fracción es retenida en zonas profundas de la columna de agua y en los sedimentos oceánicos. Así, parte de la energía fijada por los organismos fotosintéticos en el GSJ

tiene un importante efecto sobre la productividad de los siguientes niveles tróficos, es decir su productividad secundaria, y sostiene algunos de los principales recursos pesqueros de nuestro país.

Por lo tanto, las variaciones espaciales y temporales de la biomasa fitoplanctónica tienen importantes efectos sobre el funcionamiento de todo el sistema del GSJ. Las concentraciones de clorofila *a* (índice de la biomasa fitoplanctónica) aumentan durante la primavera. En verano las concentraciones de clorofila *a* son relativamente bajas, y esto puede explicarse debido al agotamiento de los nutrientes en las capas superficiales. En otoño, durante los meses de abril y mayo, se registran nuevos incrementos de clorofila *a*, pero de menor magnitud que en primavera. Aparentemente, las floraciones fitoplanctónicas de primavera progresan desde el norte y hacia el sur del golfo, mientras que las floraciones de otoño lo harían en sentido opuesto, de sur a norte. Durante el invierno se registran los valores mínimos de clorofila *a* en todo el golfo.

En los sistemas frontales y en ciertas regiones cercanas a la costa, se identifican áreas con mayor biomasa fitoplanctónica (o concentración de clorofila *a*) (Fig. 3). En el sector sur, el SFGSJ, por ejemplo, influye positivamente sobre la producción primaria del fitoplancton facilitando la disponibilidad de nutrientes de aguas frías y profundas externas al sistema. Por otro lado, la masa de agua de las zonas profundas de la región central del golfo presenta insaturación de oxígeno disuelto, elevada concentración de materia orgánica y alto reciclaje de nutrientes, en un contexto de cierta estabilidad que limita su renovación. El SFNP del sector norte del golfo pondría a disposición del fitoplancton estos nutrientes reciclados en la zona central. Asimismo, existen indicios de que la alta biodiversidad del sector NE del golfo también está asociada a la circulación de mesoescala generada a partir de la interacción de las corrientes de marea con las islas y accidentes topográficos propios de ese sector de la costa.

## Componentes de la biodiversidad del sistema

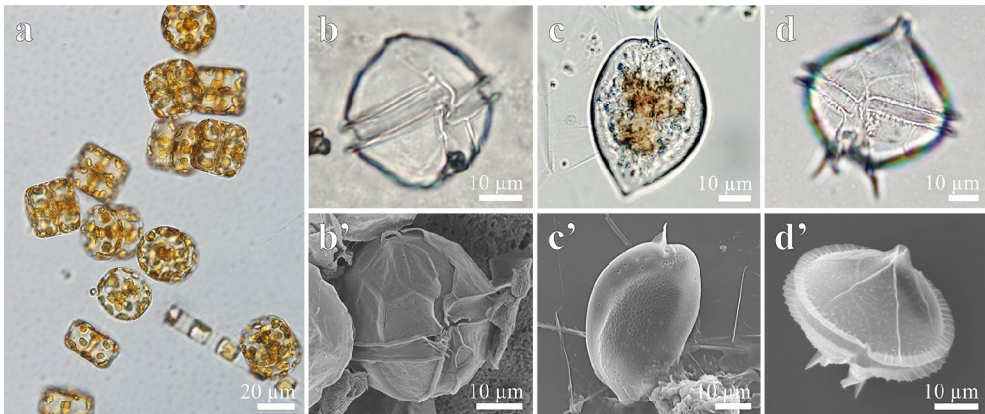
Un estudio integrado del GSJ requiere entender la estructura y dinámica del ecosistema y los factores que las influyen. En la estructura van a estar implicados los componentes biológicos, es decir, qué especies están presentes, cómo varían sus abundancias en el espacio y en el tiempo, y quién se alimenta de quién, a fin de entender la dirección e importancia de los flujos de materia y energía dentro del golfo y con los ambientes limítrofes.

El fitoplancton, principal componente responsable de la productividad primaria, está integrado por pequeños organismos autótrofos que se encuentran en suspensión en la columna de agua. De acuerdo a las distintas fracciones de talla, se clasifica como picofitoplancton a la fracción inferior a 2  $\mu\text{m}$ , nanofitoplancton a la fracción comprendida entre 2 y 20  $\mu\text{m}$ , y microfitoplancton a la fracción comprendida entre 20 y 200  $\mu\text{m}$ .

Las cianobacterias y los picoeucariotas básicamente integran el picofitoplancton. Su éxito adaptativo radica en su elevada eficiencia en la captación de la luz y en la incorporación de nutrientes a bajas concentraciones, sumado a su baja tasa de hundimiento; todo esto como resultado del pequeño tamaño y una elevada relación superficie/volumen. En el GSJ y áreas adyacentes se reconocieron a las cianobacterias del género *Synechococcus* como destacados representantes de la comunidad fitoplanctónica durante el verano.

Los principales componentes del nanofitoplancton en el GSJ son pequeñas diatomeas, pequeños dinoflagelados desnudos, criptofíceas (flagelados criptomonadales), prasinofíceas del género *Pyramimonas* y primnesiofíceas de los géneros *Chrysochromulina*, *Phaeocystis* y el cocolitofórido *Emiliania huxleyi*.

La fracción del microfitoplancton está compuesta principalmente por diatomeas y dinoflagelados (Fig. 4). Estos dos grupos de organismos constituyen la mayor fuente de producción primaria eucariota en aguas costeras. Las diatomeas pueden ocurrir como células solitarias o células unidas entre sí formando largas cadenas. Entre las especies más conspicuas se encuentran *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Dactyliosolen fragilissimus*, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus* sp., *Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema costatum* y *Thalassiosira* spp.. Entre los dinoflagelados, se destacan los taxa *Alexandrium catenella*, *A. ostensfeldii*, *Ceratium lineatum*, *C. tripos*, *Dinophysis acuminata*, *Gonyaulax* complejo *spinifera*, *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum balticum*, *P. micans* y *Scrippsiella* spp. Cabe mencionar que un alto porcentaje de dinoflagelados no mencionados aquí son acloróticos y forman parte del zooplancton.



**Figura 4.** Organismos microplanctónicos. Microscopía óptica (MO). Microscopía electrónica de barrido (MEB). a) Diatomeas del género *Thalassiosira* formando colonias (MO). b y b') Dinoflagelado *Alexandrium catenella*, especie productora de toxinas paralizantes de moluscos (MO y MEB, respectivamente). c y c') Dinoflagelado *Prorocentrum micans* (MO y MEB, respectivamente). d y d') Dinoflagelado aclorótico *Protoperidinium pellucidum* (MO y MEB, respectivamente).

Dentro del fitoplancton, se pueden encontrar especies tóxicas y/o potencialmente nocivas. La mayoría de las Floraciones Algales Nocivas (FANs), comúnmente conocidas como mareas rojas, están vinculadas a distintas especies de dinoflagelados. Entre ellas se destaca *Alexandrium catenella*, especie productora de toxinas paralizantes de moluscos (TPM, o PST por sus siglas en inglés), existiendo casos de intoxicación en humanos, algunos fatales, debido al consumo de mariscos filtradores que concentran dichas toxinas. Además, *Dinophysis acuminata* y *D. tripos*, dos especies productoras de toxinas diarreicas de moluscos (TDM o DST) que pueden provocar severas gastroenteritis. Entre 2010 y 2012, el GSJ fue escenario de numerosos casos de intoxicación, dos de ellos fatales, vinculados a floraciones de *A. catenella*. Esta especie fue recientemente reportada predominante en relación a otros dinoflagelados nocivos en el sur y sureste del GSJ, y fue asociada con altas concentraciones de nutrientes, baja temperatura y baja salinidad. Por otra parte, *D. acuminata* fue relacionada con condiciones más cálidas del sector norte. Además de las especies mencionadas, actualmente en el GSJ se siguen encontrando otras especies indicadas como nocivas en otras partes del mundo.

Otro componente importante son las bacterias heterótrofas planctónicas. Dada la elevada concentración de bacterias en el mar y su eficiencia de asimilación, producto de su reducido tamaño, resultan sustanciales transformadoras del carbono orgánico disuelto en carbono orgánico particulado, en forma de células bacterianas.

El zooplancton está constituido por una gran variedad de protozoos y metazoos que pasan una parte o toda su vida suspendidos en la columna de agua. Son organismos en general muy pequeños, y dada su débil capacidad natatoria, su distribución se encuentra fuertemente condicionada por las corrientes marinas. La comunidad zooplanctónica es altamente diversa en el GSJ e incluye numerosas especies de protozoos, crustáceos, organismos gelatinosos, huevos y larvas de peces, entre otros grupos. Los protozoos más representativos de la fracción más pequeña del zooplancton son dinoflagelados heterótrofos del género *Gyrodinium* y ciliados tales como *Mesodinium rubrum*, tintínidos y oligotricos. Los metazoos más abundantes son los copépodos, los eufáusidos, los anfípodos y algunas especies de ctenóforos y medusas, conocidos en conjunto como “aguas vivas”. Son también numéricamente importantes las larvas de crustáceos decápodos y de peces óseos. Estos organismos se distribuyen siguiendo señales del ambiente tales como la temperatura, la concentración de clorofila *a* (que es indicadora del alimento que consumen), y la presencia de los sistemas frontales que ocurren en los sectores norte y sur del golfo.

Otro gran componente del sistema agrupa a los organismos que viven en el fondo marino o en íntima relación con el mismo. Este ensamble de algas y animales constituye el bentos e incluye a muchas especies de interés comercial, o que son el principal alimento de éstas, como la centolla, el langostino o la merluza. El ambiente bentónico en el GSJ no es homogéneo, y es posible hallar diferentes agrupaciones de organismos asociados a características ambientales particulares definidas por el tipo de sedimento, el contenido de materia orgánica, la tem-



peratura, la salinidad, el oxígeno disuelto y la clorofila. Así se puede diferenciar una zona central, con sedimentos finos y alto contenido de materia orgánica, y las zonas próximas a los cabos con sedimentos gruesos y bajo contenido de materia orgánica. En los sistemas frontales y zonas costeras donde la productividad primaria es más alta habría una mayor biodiversidad bentónica (“hot-spots”) que en el resto del golfo.

La distribución de la macrofauna epibentónica, es decir aquellos organismos que viven sobre el fondo, estaría determinada principalmente por el tipo de sedimento, su contenido de materia orgánica y la concentración de oxígeno en el agua de fondo. Una gran parte de los fondos del golfo está dominada por comunidades de macrofauna con una alta dependencia del reciclaje de materia orgánica. En estas comunidades se destacan la langostilla *Grimothea gregaria* (Fig. 5), el erizo *Tripylaster philippi* y la almeja *Neilonella sulculata*. En las áreas próximas a los cabos, la comunidad presenta una gran abundancia de organismos filtradores como briozoos o hidrozoos, lo que sugiere una dependencia más directa de la producción primaria.



**Figura 5.** a) Fondos rocosos característicos de las zonas cercanas a los cabos y escrófalos *Sebastes oculatus* (crédito M. Marcinkevicius), b) Langostilla *Grimothea gregaria* (crédito M. Marcinkevicius), c) anchoitas *Engraulis anchoita* predadas por aves y mamíferos marinos (Crédito: LAMAMA CESIMAR CENPAT).

La fauna de menor tamaño y que vive enterrada en el sedimento, el bentos infaunal, está conformada por invertebrados que constituyen el alimento principal de muchas especies comerciales que desarrollan alguna etapa de su ciclo de vida en el fondo. Estas comunidades están dominadas por poliquetos de la familia Spionidae y Maldanidae, anfípodos Phoxocephalidae y también la almeja *Nuculana sulculata*. También aquí se observa una heterogeneidad ambiental significativa, con grupos característicos habitando la zona central del golfo, y otros propios de las zonas costeras cercanas a los cabos. Recientemente más de 100 especies de nematodos fueron identificadas en sedimentos del GSJ, la mayoría de las cuales serían especies nuevas.

Los ambientes someros rocosos y los intermareales del GSJ son áreas de cría para especies como la centolla y varios otros crustáceos que en su etapa adulta ocupan ambientes más profundos. En las zonas rocosas se destacan los bosques formados por macroalgas como el cachiyuyo *Macrocystis pirifera*, que brindan refugio y alimento a una gran diversidad de especies. La zona de caletas y bahías protegidas de la costa norte se caracteriza por la presencia de praderas del alga roja *Gracilariaria gracilis* y de marismas intermareales. Por otra parte, las comunidades costeras de fondos blandos se hallan poco estudiadas y pobremente caracterizadas.

En la columna de agua, desde el fondo hasta la superficie, se encuentran numerosas especies de peces, no menos de 120 especies entre mixines (anguilas babosas), peces cartilaginosos (tiburones, rayas y pez gallo) y peces óseos. Esta diversidad se refleja en que los peces ocupan roles ecológicos muy diversos y habitan todos los ambientes del golfo. En particular, el GSJ es una zona importante para la alimentación, desove y cría de varias especies. Sobre fondos de arena o fango habitan especies de interés comercial como la merluza y los lenguados (ej. *Xystreureys rasile* y *Paralichthys isosceles*) junto a numerosas especies de rayas (ej. *Zeoraja brevicauda* y *Psammobatis normani*). En zonas rocosas encuentran refugio especies como el salmón de mar *Pseudoperca semifasciata*, el escrófalo *Sebastes oculatus* (Fig. 5), el mero *Acanthistius patachonicus* y el abadejo *Genypterus blacodes*. También en sitios rocosos costeros y bosques de cachiyuyo se refugian el sapo *Notothenia angustata*, y una gran variedad de especies de pequeño tamaño. Sobre la costa, se encuentran róbalo, peces gallo y pejerreyes. En aguas abiertas se encuentran cardúmenes de anchoíta *Engraulis anchoita*, y pampanito *Stromateus brasiliensis*, especie que se alimenta de medusas y ctenóforos. Entre los tiburones se encuentran el gatopardo *Notorynchus cepedianus*, un cazador de otros tiburones y mamíferos marinos, el cazón *Galeorhinus galeus*, especie que migra desde aguas brasileñas, y el tiburón azul *Prionace glauca*, siendo especies más difíciles de asociar a un ambiente determinado por su gran movilidad. Sin embargo, los tiburones más abundantes son especies de pequeño tamaño como la pintarroja *Schroederichthys bivius* o el tiburón espinoso *Squalus acanthias*.

En el caso particular de la merluza, dentro del grupo de los peces óseos y uno de los principales recursos pesqueros de Argentina, el GSJ constituye la principal zona de cría para los juveniles menores de un año de edad. El desove de esta especie ocurre mayormente en primavera y verano en aguas adyacentes al norte del golfo, y luego los prerreclutas ingresan al GSJ, donde encuentran condiciones favorables para la alimentación durante la fase juvenil.

En el GSJ, encuentran su límite más austral peces de aguas cálido-templadas que se distribuyen desde la provincia de Buenos Aires o el sur de Brasil. Sin embargo, recientemente se han identificado más de 20 especies de peces que no estaban previamente citadas para el golfo y la mayoría de ellas son típicas de aguas cálido-templadas, como la pescadilla *Cynoscion guatucupa* y el besugo *Pagrus pagrus*. Estos registros llaman la atención sobre un posible proceso de tropicalización ligado al fenómeno de cambio climático global que afecta a los océanos.

En las costas del GSJ anidan 14 especies de aves marinas, en unas 60 colonias conformadas por entre una y siete especies. Las más abundantes son el pingüino de Magallanes *Spheniscus magellanicus* y la gaviota cocinera *Larus dominicanus*. El GSJ es utilizado además para alimentarse o migrar por al menos otras siete especies de aves marinas, principalmente albatros y petreles. Las aves marinas se alimentan en una gran diversidad de ambientes, desde el intermareal hasta aguas por fuera de los límites del GSJ, capturando una gran variedad de peces e invertebrados marinos, siendo la anchoíta una de las presas principales (Fig. 5). Los intermareales y aguas someras del golfo son también frecuentados por otras 34 especies de aves costeras, varias de ellas playeras migratorias neárticas.

Entre los mamíferos marinos, los lobos marinos de un pelo *Otaria flavescens* tienen 25 apostaderos concentrados en las islas de la costa norte del GSJ. Los lobos de dos pelos *Arctocephalus australis* tienen tres apostaderos, compartidos con los lobos de un pelo. Ambas poblaciones se encuentran en crecimiento. Entre las especies de pequeños cetáceos, los delfines oscuros *Lagenorhynchus obscurus* se concentran en la zona norte del GSJ, en distancias a la costa de entre 30 y 60 km, y las toninas overas *Cephalorhynchus commersonii* se concentran en una franja más costera. Se conocen sus tamaños poblacionales pero no sus tendencias. También se pueden encontrar grandes cetáceos, como la ballena franca *Eubalaena australis* y varios rorcuales. Tanto los lobos marinos como los delfines se alimentan de las presas más abundantes como la merluza, la anchoíta (Fig. 5) y los calamares de aleta corta *Illex argentinus* y patagónico *Loligo gahi*, aunque el lobo de un pelo tendría una dieta más amplia y con mayor consumo de merluza.

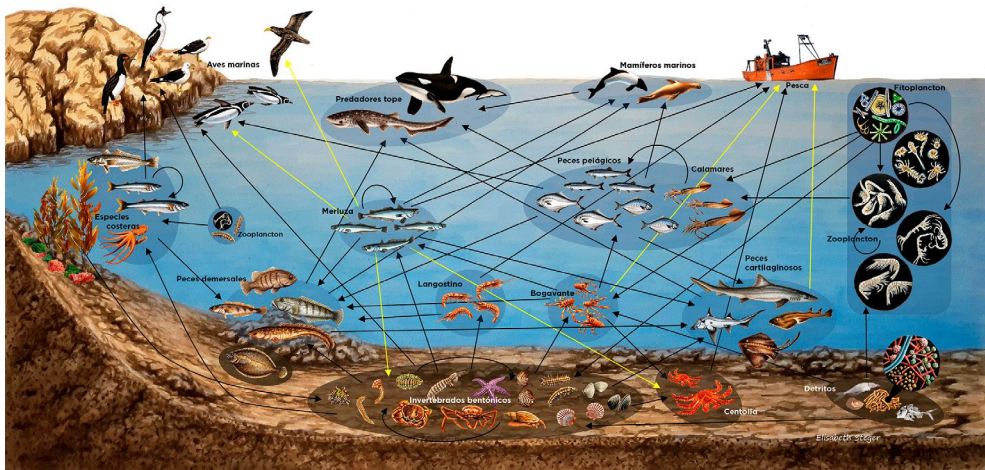
## Los caminos de la energía: la trama trófica

La red de relaciones alimentarias, o trama trófica, del GSJ permite analizar la complejidad del ecosistema y de algunos de los procesos que determinan y go-

biernan su productividad (Fig. 6). Estas relaciones se pueden reconstruir a partir del estudio de la dieta de las especies.

Un porcentaje del carbono que fija el fitoplancton a través de la fotosíntesis es excretado y permanece disuelto en la columna de agua, y es consumido directamente por bacterias planctónicas heterótrofas. A su vez, las bacterias son consumidas por individuos del zooplancton, canalizando así una significativa cantidad de energía en la trama trófica planctónica y posteriormente en los niveles tróficos superiores. Este proceso es conocido como “microbial loop” o bucle microbiano.

Otra fracción significativa del carbono que fija el fitoplancton está contenida en la materia orgánica particulada (pellets fecales de zooplancton, agregados de células muertas, “nieve marina”, etc.) que en parte es exportada a los sedimentos, completando el proceso conocido como “bomba biológica”. Durante su desplazamiento a través de la columna de agua y durante su permanencia en el fondo marino, esta materia orgánica sufre transformaciones que dependen de procesos físico-químicos y biológicos, entre ellos la descomposición bacteriana, que devuelve dióxido de carbono y nutrientes al medio. Durante el verano, en la zona central del GSJ, la materia orgánica particulada que se sedimenta hacia el fondo es principalmente de origen fitoplanctónico. Además, la cantidad de carbono presente en esa materia orgánica disminuye con la profundidad de la columna de agua, hecho relacionado con la rápida degradación bacteriana.



**Figura 6.** Representación de la trama trófica del Golfo San Jorge mostrando los grupos de especies más conspicuos del sistema y las relaciones principales incluida la pesca. Las flechas indican el flujo de materia y energía en el sistema. El color amarillo ejemplifica la pesca incidental y el consumo de su descarte. (Gentileza imagen: Dans et al., 2020).



El zooplancton cumple un rol fundamental en la trama trófica del GSJ, vinculando al fitoplancton con especies de gran interés comercial. La merluza, el langostino y la anchoíta, por ejemplo, dependen del zooplancton como alimento durante sus etapas tempranas de vida, e incluso en la adultez para su supervivencia y por lo tanto para reclutar a las pesquerías. Al mismo tiempo, algunas especies zooplanctónicas pueden alimentarse de los huevos y larvas de las especies de niveles tróficos superiores.

La trama trófica del GSJ contiene hasta cinco niveles tróficos, lo cual es alto en términos comparativos frente a otros sistemas. La orca (*Orcinus orca*) es el depredador tope de máximo nivel trófico, seguida por el tiburón gatopardo y ambas especies de lobos marinos. La anchoíta y el bogavante o langostilla son especies clave por ser el principal alimento de muchos peces, aves y mamíferos. Las especies con mayor número de interacciones alimentarias son la merluza, el langostino y la langostilla, especies que combinan ser depredadores versátiles con ser presa de muchas especies. Cabe destacar que las dos principales especies de mayor importancia pesquera son también las especies más conectadas en la trama trófica. Esta característica del sistema muestra claramente la importancia de entender en profundidad el funcionamiento y estructura del GSJ para lograr un manejo sostenible de sus recursos renovables.

Esta reconstrucción de la trama trófica está en gran parte basada en trabajos de dieta de peces realizados en las últimas décadas del siglo XX, pero sabemos que en los últimos años se han producido cambios por la explosión demográfica de la langostilla, la reducción de la abundancia de la merluza y la incursión de especies de aguas más cálidas, lo que requiere actualizar los estudios de dieta.

## SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DEL GSJ, ACTIVIDADES HUMANAS, IMPACTOS Y SU MANEJO

En el GSJ se desarrollan diferentes actividades que generan beneficios económicos para la región y el país, como la pesca, la explotación y transporte de petróleo y el turismo. Como toda actividad antrópica, su desarrollo produce efectos sobre el funcionamiento del sistema, pudiendo modificar su productividad y la sustentabilidad en el tiempo de algunas de ellas. Además, en el borde costero del GSJ se emplazan tres ciudades, Comodoro Rivadavia, Rada Tilly y Caleta Olivia, que suman unos 300.000 habitantes. El funcionamiento de estas ciudades también acarrea diferentes impactos sobre el ecosistema marino del GSJ.

### Pesca

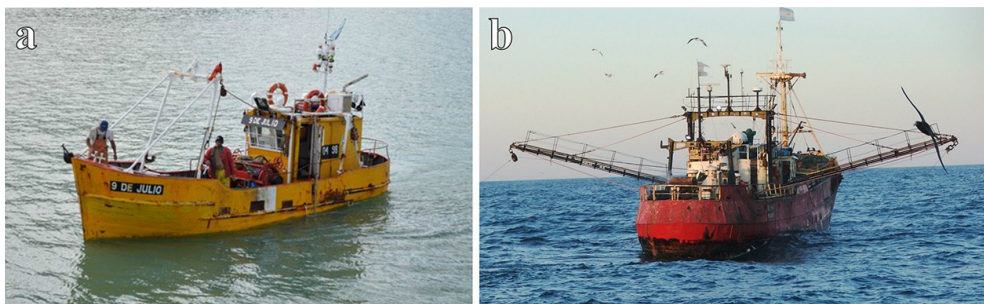
La pesca industrial es sin dudas la actividad de mayor magnitud e impacto entre las que se desarrollan en el GSJ. Esta actividad se centra en dos pesquerías de arrastre: la pesquería de merluza común y la pesquería de langostino, aunque



recientemente se ha desarrollado también una pesquería de centolla con trampas. La distribución del esfuerzo de pesca ha sido muy variable en el tiempo, dependiendo de los rendimientos y regulaciones por parte de las autoridades de aplicación con jurisdicción sobre estas pesquerías (Santa Cruz, Chubut y Nación). En la pesquería de langostino participa una flota congeladora tangonera, integrada por entre 80 y 90 embarcaciones, que históricamente concentraba el esfuerzo pesquero en el GSJ, aunque en los últimos años este esfuerzo se ha desplazado al sector de plataforma en áreas aledañas al GSJ y hacia el norte, frente al litoral de la Provincia del Chubut (Fig. 7). En la pesquería de merluza opera una flota fresquera de altura, integrada por entre 20 y 30 embarcaciones de más de 21 m de eslora, que en los últimos años empezó a participar más activamente de la pesquería de langostino por su alto valor comercial. La pesquería industrial de centolla actualmente involucra cinco barcos congeladores de 50 m de eslora, que pescan con unas 4500 trampas, y tres barcos fresqueros de altura con 2000 trampas. En el GSJ también opera una pequeña flota costera conformada por no más de 20 embarcaciones de menos de 21 m de eslora (Fig. 7).

Tradicionalmente, el manejo pesquero se enfocó en el recurso objetivo de la pesquería, buscando maximizar los rendimientos sostenibles, paradigma conocido como la ordenación orientada al recurso objetivo. En la década del 90 empezaron a considerarse las interacciones entre las pesquerías y los ecosistemas, y el hecho de que ambos se ven afectados por una variabilidad natural de largo plazo, así como por otros usos distintos de la pesca. Se desarrolló un nuevo paradigma conocido como el enfoque de ecosistemas en la pesca, que aúna la visión pesquera tradicional con el enfoque ecosistémico. Este nuevo enfoque en el manejo pesquero requiere tomar en cuenta los efectos de la pesca sobre el hábitat y sobre los distintos componentes del ecosistema, más allá de regular el impacto sobre las poblaciones blanco, e incorpora los aspectos socio-económicos, institucionales y de participación.

En las pesquerías de merluza y langostino se emplean redes de arrastre demersales que pueden producir alteraciones de los fondos y de las comunidades que



**Figura 7.** a) Embarcación de la flota costera que opera en el GSJ b) Embarcación de la flota congeladora tangonera que opera a langostino.

los habitan. Entre estos disturbios se puede mencionar el aumento de la mortalidad de los invertebrados, la degradación de los fondos y el incremento de materia orgánica producto del descarte de especies al mar, cuyos efectos sobre la estructura y distribución de estas comunidades están en evaluación.

La pesca industrial de arrastre captura incidentalmente cientos de especies que son en su gran mayoría descartadas. Como dato para dimensionar este hecho se puede mencionar que la flota comercial de arrastre captura, junto a las especies con valor comercial, otras 100 especies de peces en forma incidental. El descarte tiene dos efectos sobre el ecosistema: 1) la muerte de individuos capturados incidentalmente y 2) el aporte de toneladas de animales muertos que van al fondo del mar, favoreciendo la proliferación de especies carroñeras y afectando la composición de la comunidad, y que son alimento de las aves marinas en superficie y de los peces en la columna de agua, con consecuencias en las tramas tróficas. Además, el descarte incluye especies de interés comercial: la principal especie descartada es la merluza, por no ser de interés en el caso de la pesquería de langostino o por su tamaño en el caso de la pesquería de merluza. Las interacciones entre aves y mamíferos marinos con la actividad pesquera también puede conducir a la captura incidental y mortalidad en redes dirigidas a merluza y langostino (p.e. lobos de un pelo, delfines, pingüino de Magallanes, cormoranes imperiales, pardelas), y mortalidad de aves por colisión con cables (albatros y gaviotas). Esta mortalidad ha variado en el tiempo como consecuencia de cambios en las artes de pesca.

La pesquería de centolla utiliza trampas. Si bien no tiene efectos tan significativos sobre el ecosistema, los principales problemas asociados son la interacción con mamíferos marinos y la pesca fantasma, proceso por el cual una trampa abandonada en el agua continúa pescando. La pesca fantasma representó un problema importante durante los primeros años de esta pesquería. En la actualidad, las trampas cuentan con mecanismos de desactivación que previenen dicho impacto.

En el GSJ también se desarrollan pesquerías de pequeña escala (artesanal y recreativa) que resultan difíciles de monitorear y por lo tanto existe una gran incertidumbre sobre el volumen de capturas. Los recursos pesqueros objetivos de los pescadores artesanales incluyen pulpo colorado, centolla, mejillones (*Mytilus edulis*), sombreritos (*Fissurellidae megatrema*) y varias especies de peces costeros como pejerrey, róbalo, pez gallo, entre otros, que son capturados por recolección costera, con enmalle, con caña desde costa y embarcado, con trampas, o incluso por buceo como el caso del pulpo colorado. También existe incertidumbre sobre el impacto de la pesca deportiva, que se dirige a especies de roca, como el salmón de mar, el escrófalo y el mero, y a especies cartilaginosas. La principal preocupación, que ha motorizado acciones de conservación, radica en la captura de tiburones como el cazón y el gatuzo.

## Exploración, explotación y transporte de hidrocarburos

La producción de petróleo representa la principal actividad económica del área. A lo largo de más de 100 años de actividad, la cuenca del GSJ ha sido el área más prolífica en la producción de hidrocarburos de la Argentina. La actividad se ha desarrollado principalmente en tierra, pero existen concesiones de exploración y explotación que cubren un área de casi 20.000 km<sup>2</sup> bajo las aguas del golfo, por lo que la explotación *off shore* es esperable en el futuro cercano. En este contexto, la evaluación de los impactos potenciales sobre el ecosistema es un tema apremiante de investigación.

La explotación y transporte de hidrocarburos traen aparejados riesgos de contaminación, tanto crónica como aguda. El principal riesgo y fuente de contaminación en los ecosistemas marinos patagónicos proviene de la carga/descarga de petróleo y de productos refinados en zonas portuarias, y de su transporte por buques petroleros a lo largo de la zona costera. De hecho, las mayores concentraciones de hidrocarburos en el agua se han registrado en zonas cercanas a las de carga de petróleo crudo o descargas de productos refinados, sumado al riesgo de derrames mayores como el ocurrido en 2007 en el área de Caleta Córdova-Comodoro Rivadavia, cuando 300 m<sup>3</sup> de petróleo alcanzaron la costa, siendo el desastre ambiental más grande en la historia de la región.

El incremento del riesgo de introducción de especies exóticas y los efectos derivados de la prospección sísmica en el mar son otros impactos asociados a la actividad petrolera. El riesgo de invasiones biológicas es atribuible a todo el tráfico naval, pero en el GSJ la mayor parte del tráfico internacional está vinculado a la actividad petrolera. La introducción de especies exóticas puede alterar la estructura y composición de las comunidades locales. En el golfo están bien documentados el establecimiento del alga *Undaria pinnatifida* y del cangrejo verde *Carcinus maenas*, aunque las consecuencias de su introducción en el ecosistema del golfo aún no han sido del todo comprendidas. En lo que respecta a la prospección sísmica, los efectos de estas prácticas en peces y mamíferos están bien documentados e incluyen cambios de comportamiento, cambios fisiológicos severos e incluso la muerte. Prospecciones sísmicas fueron llevadas a cabo en el golfo en años recientes, sin embargo, las observaciones de los pescadores son la única fuente de información sobre los posibles efectos que tuvo esta actividad.

## Efluentes cloacales y residuos sólidos urbanos

Las ciudades de Rada Tilly, Comodoro Rivadavia y Caleta Olivia han basado su crecimiento en la actividad petrolera en tierra dando la espalda al mar. En consecuencia, tienen una escasa y obsoleta infraestructura para el tratamiento de los efluentes domésticos e industriales. Particularmente en Comodoro Rivadavia existen más de 25 efluentes pluvio-cloacales que vierten residuos cloacales

sin tratamiento en sus 37 km de costa. Muchos de estos efluentes son de tipo mixtos e incluyen residuos de la actividad industrial. Estas descargas producen un incremento de la carga bacteriana determinando que la mayor parte de las playas en estas ciudades no sean aptas para uso recreativo ni para la extracción de mariscos para consumo. Estudios recientes en las costas de Comodoro Rivadavia muestran que la contaminación por efluentes determina cambios en la composición de las comunidades bentónicas en las zonas de descarga de los mismos.

Los residuos sólidos constituyen otra fuente de impacto, la cual se debe en gran medida a la existencia de basurales a cielo abierto (próximos al mar) y a la contribución del viento en la región. La presencia de plástico, sobre todo de microplásticos, en los ecosistemas marinos es una preocupación creciente y está recibiendo mucha atención de la comunidad científica en todo el mundo. Los efectos más conocidos, como los enredos, asfixia e incluso ingesta, son sólo la punta del iceberg, ya que aún no se comprenden del todo los impactos que el plástico produce sobre la vida marina. En los últimos años se han tomado medidas para reducir y/o mitigar esta contaminación pero basta con recorrer las playas próximas a las ciudades para advertir que es un tema que merece más atención de los investigadores, la comunidad y los gobernantes.

## EL GSJ Y EL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático, cuya principal causa es el calentamiento global (cambio de temperatura media global observado), tiene múltiples consecuencias negativas en los sistemas físicos, biológicos y humanos, entre otros efectos. El calentamiento puede ser causado por procesos naturales (por ej. cambios en la órbita del sol alrededor de la Tierra) o por las actividades humanas (origen antropogénico). Este último se debe principalmente a las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), las cuales generan un desequilibrio energético en el sistema climático de la Tierra con el consecuente incremento en la temperatura media global (calentamiento global). Se ha estimado que el calentamiento inducido por el hombre, desde la era industrial, se encuentra entre los 0.87°C y 1.25°C (estimación a 2017). Los océanos actúan como reservorios energéticos, absorbiendo en la superficie parte del calor generado por la atmósfera. De esta manera, las capas superficiales de los océanos han experimentado un calentamiento superior al de las más profundas. El océano también juega un papel fundamental en el ciclo del carbono dentro del sistema climático, absorbiendo CO<sub>2</sub> antropogénico emitido a la atmósfera y mitigando así parte del cambio climático.

En las últimas décadas, sobre la Plataforma Patagónica se han observado diversos cambios en las condiciones ambientales las cuales son atribuidas, con cierto grado de confianza, al cambio climático. A partir de datos de temperatura superficial del mar en el período 1982-2017, se ha detectado un área de ca-

lentamiento entre 42-45°S (+0,52°C) y un área de enfriamiento entre 49-52°S (-0,42°C). De estos resultados puede observarse sobre el GSJ un leve calentamiento en las proximidades a la costa y hacia el norte del mismo.

Existe evidencia de que la mitad del exceso de calor experimentado en la región oceánica se debe a cambios en su circulación, la cual puede estar relacionada a variaciones en el régimen de vientos. Particularmente, en el Hemisferio Sur y desde la década del 70 se ha identificado un incremento en la intensidad de los vientos Oeste de latitudes medias (el centro y sur de Patagonia se encuentra dentro de esta región) y un corrimiento hacia los polos particularmente durante el verano.

La temperatura superficial del mar y el viento juegan un rol fundamental en el intercambio de CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y los océanos. Estudios de las últimas dos décadas indican que el Mar Patagónico es uno de los mayores sumideros de CO<sub>2</sub> en el Océano Global, disminuyendo en parte la concentración de CO<sub>2</sub> atmosférico, pero incrementando la acidez del océano. Las regiones frontales con alta producción primaria producen elevada captura, mientras que en aguas mezcladas cercanas a la costa se da lugar a una fuente neta de CO<sub>2</sub>. Los procesos anteriormente mencionados tendrán una influencia importante en los organismos marinos. Por lo tanto los cambios en la circulación oceánica, la intensidad y la distribución espacial de las tendencias de temperatura superficial del mar y los intercambios de CO<sub>2</sub>, deben ser estudiados en conjunto con posibles cambios en la distribución de las especies.

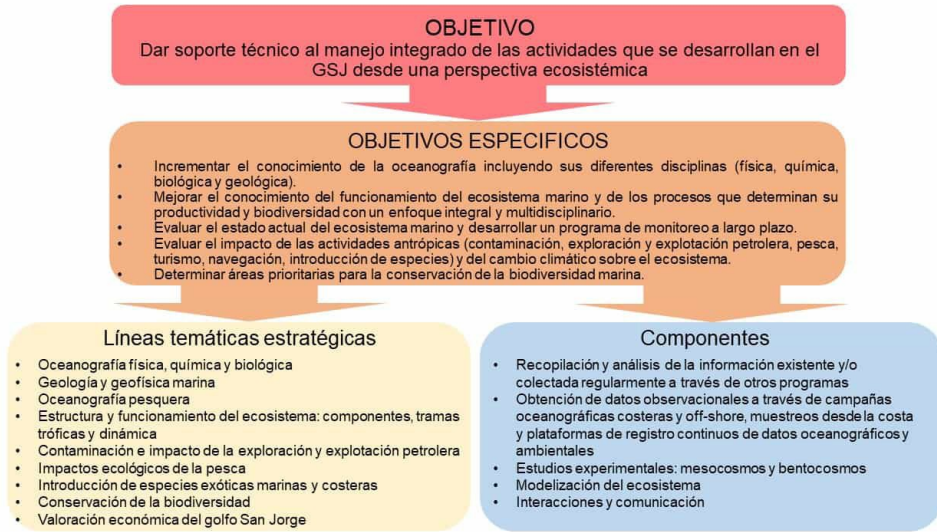
## EL CONOCIMIENTO PARA EL MANEJO SOSTENIBLE DEL GSJ: PERSPECTIVAS

### La investigación y monitoreo a largo plazo

En el marco de la iniciativa Pampa Azul, el Programa de Investigación y Monitoreo del GSJ (PIMGSJ) (Fig. 8) es fruto del esfuerzo colectivo para avanzar en la definición de formas de trabajo multidisciplinario, de colaboración interinstitucional, y de acceso abierto y uso compartido del material y datos colectados. El objetivo general del PIMGSJ es dar soporte al manejo de las actividades que se desarrollan en el GSJ desde una perspectiva ecosistémica. Para poder alcanzar sus objetivos específicos, el PIMGSJ contempla nueve líneas temáticas estratégicas, y cuatro componentes transversales a todas ellas, ya que la interdependencia de estas múltiples temáticas requiere de un esfuerzo coordinado interinstitucional y multidisciplinario.

El PIMGSJ fue elaborado y actualmente coordinado por un grupo de trabajo (GT GSJ Pampa Azul), conformado por especialistas de las distintas disciplinas, y provenientes de diferentes instituciones nacionales. El mismo fue elaborado a





**Figura 8.** Programa Estratégico de Investigación y Monitoreo del Área Prioritaria GSJ. El programa plantea líneas temáticas estratégicas y componentes transversales a todas ellas.

partir de una convocatoria amplia de ideas-proyecto, involucrando más de 140 investigadores y profesionales pertenecientes a 25 instituciones de investigación y gestión.

El programa incluye la planificación y realización de campañas oceanográficas integrales, habiéndose realizado ya dos campañas a bordo del B/O Puerto Deseado en 2016 y 2017, y la organización de seminarios anuales con la finalidad de comunicar los avances obtenidos y generar espacios de planificación y discusión entre investigadores de las distintas disciplinas e instituciones involucradas (Cefarelli et al. 2017, Galván et al. 2019, Parma et al. 2018). Recientemente se ha establecido una estación permanente de monitoreo de variables oceanográficas y ambientales cerca de Comodoro Rivadavia, y se están desarrollando bases de datos para albergar los datos emergentes de las campañas oceanográficas.

El estudio de un ecosistema marino complejo como el GSJ y el carácter multidisciplinario e interinstitucional del PIMGSJ requiere de recursos logísticos, humanos y tecnológicos particulares. Paralelamente a la generación de conocimiento acerca de la estructura y funcionamiento del ecosistema, el PIMGSJ impulsa un plan para la obtención y manejo de datos, junto con la adquisición y el uso de tecnologías aplicadas al estudio del mar y la correspondiente capacitación de investigadores y técnicos. Algunos de estos desarrollos contribuyen además al avance de una autonomía tecnológica nacional.

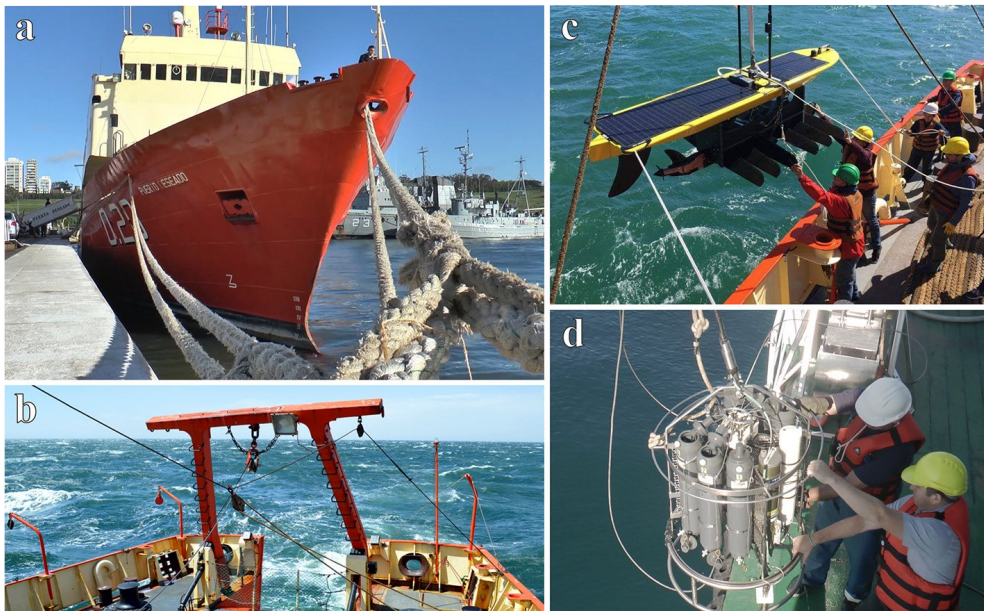
## Obtención y Manejo de Datos

Se establecieron tres tipos de estrategias para la obtención de datos:

(1) Campañas oceanográficas costeras y offshore. Estas campañas se realizan mediante buques de investigación, y permiten la medición in situ de múltiples variables relacionadas con las condiciones oceanográficas, tanto físicas, químicas como biológicas, la estructura y composición de los fondos, la composición del plancton, la diversidad y distribución del bentos, las relaciones tróficas, y la abundancia y distribución de predadores tope. Esto implica la integración de múltiples disciplinas, la utilización de diferentes equipamientos y muestreadores, y la participación de investigadores y técnicos de diferentes instituciones científicas del país trabajando a bordo (Fig.9).

(2) Muestreos desde la costa. Los muestreos desde la costa están previstos como una forma complementaria de adquisición de datos para preguntas y localidades muy puntuales. Estos muestreos han sido llevados a cabo principalmente en las costas del norte y centro del GSJ.

(3) Monitoreo continuo de variables oceanográficas y ambientales. Esta estrategia apunta a un monitoreo periódico y continuo que produzca una serie de datos apropiados para estudiar eventos a distintas escalas temporales: horarias,



**Figura 9.** a) y b) Buque Oceanográfico ARA Puerto Deseado c) y d) maniobras con diferentes equipos e instrumental de medición de datos ambientales oceanográficos (Waveglider en c y roseta en d).

diarias, quincenales, estacionales, interanuales, o incluso mayor si la actividad es sostenida en el tiempo. El GT GSJ elaboró un proyecto para el establecimiento de una primera estación de muestreo permanente, ubicada próxima a Comodoro Rivadavia (45° 55' S; 67° 20' O) y a partir de esta experiencia, incluir otros sitios estratégicos para la instalación de instrumentos de medición específicos.

El PIMGSJ estableció una política de gestión de datos que permite trabajar de manera multidisciplinaria. Se trabajó en la estandarización de lenguajes y formatos en las prácticas de muestreo durante las campañas, se desarrollaron protocolos unificados y se codificaron las actividades para un seguimiento de las muestras desde la colecta hasta el laboratorio. Esta información está disponible en la web.

### ***Uso de tecnologías aplicadas al estudio del mar***

1. Hidroacústica. Esta tecnología permite estimar la abundancia y distribución de los organismos en la columna de agua, en particular de algunas especies de gran interés comercial en el GSJ, y caracterizar los fondos marinos en cuanto a su dureza y topografía.
2. Medición del ruido ambiente submarino. Esta tecnología permite cuantificar los cambios en los niveles de ruido en el GSJ, como consecuencia del incremento de tráfico marítimo y las actividades antrópicas vinculadas a la explotación de los recursos en el mar y su lecho.
3. Dispersión acústica por microalgas. El desarrollo de estas técnicas permite estudiar acústicamente desde una plataforma móvil las poblaciones microplanctónicas, contar con series temporales de datos a largo plazo, y contribuir a la determinación de niveles de contaminación marina y caracterización de floraciones algales.
4. Sensoramiento remoto: imágenes satelitales. La teledetección es una técnica que permite obtener información de la superficie terrestre a partir de la energía electromagnética (EM) captada por los sensores remotos. Esto permite identificar diferentes procesos oceanográficos del GSJ, como así también comprender la variabilidad espacial y temporal de las comunidades fitoplanctónicas.
5. Cámaras de video remoto. Los equipos de video remoto están conectados a la superficie, graban y permiten observar desde la embarcación a tiempo real las imágenes que capta la cámara. A partir de las imágenes se pueden extraer datos sobre los hábitats y comunidades de algas y animales.

## HACIA UN ENFOQUE ECOSISTÉMICO

Los diversos servicios que el GSJ brinda para la economía regional y nacional dependen en última instancia del estado de salud de sus ecosistemas marinos. La gestión para su uso sostenible y la aplicación de pautas de manejo ambiental adecuadas deben basarse en un sólido conocimiento de la estructura y funcionamiento del ecosistema, en el monitoreo regular de las variables ambientales y biológicas que afectan los procesos productivos, y en la comprensión de las respuestas del ecosistema al impacto de las actividades que en él se desarrollan, incorporando las implicancias del cambio climático.

A partir de la recopilación de información existente, y de nueva información generada en el marco de la Iniciativa Pampa Azul y el PIMGSJ, se alcanzaron resultados relevantes y se amplió el conocimiento científico del ecosistema del GSJ. Asimismo, se identificaron vacíos de conocimiento que se irán resolviendo a medida que el PIMGSJ continúe avanzando. La identificación de vacíos de información es un paso clave para focalizar la investigación y así mejorar la comprensión del funcionamiento del sistema y establecer indicadores a ser monitoreados.

La consolidación del PIMGSJ permitirá abordar las preguntas pendientes y extender el monitoreo del sistema a mediano y largo plazo. En este marco es importante:

1. Mantener la realización de campañas oceanográficas en épocas estratégicas que posibiliten analizar cambios interanuales, como así también incorporar otras épocas del año para evaluar estacionalidad en los procesos físico-biológicos.
2. Mantener el carácter integral y multidisciplinario en las campañas oceanográficas, cubriendo todos los componentes del ecosistema. Esto es fundamental para el análisis interdisciplinario y la comprensión del funcionamiento del GSJ.
3. Realizar mediciones de parámetros físicos (temperatura, salinidad, corrientes) y químicos (nutrientes, contaminantes) de largo período y sostenidos en el tiempo, mediante la instalación de estaciones fijas en sitios estratégicos. Esta información no sólo es valiosa para comprender el funcionamiento del ecosistema sino que también es útil como herramienta para el monitoreo de la salud del ecosistema.
4. Evaluar los efectos que las actividades antrópicas pueden tener sobre el ecosistema.

Entre los principales desafíos para los años venideros se encuentran aumentar el conocimiento de la estructura y funcionamiento del ecosistema en áreas

costeras, y caracterizar y dimensionar las actividades que se desarrollan en el borde costero, incorporando la dimensión social de las mismas

Como se mencionó a lo largo de este capítulo, la generación de conocimiento para el manejo y el uso sostenible de los ambientes marinos requiere innovación de parte de las ciencias. La fortaleza del PIMGSJ es el enfoque integrado y multidisciplinario necesario para avanzar en un enfoque ecosistémico, de acuerdo al paradigma de manejo ambiental planteado. Al igual que los mares del mundo, el GSJ representa un desafío y un modelo tanto para el estudio del funcionamiento de sus ecosistemas, como para su conservación y manejo sostenible. Este desafío implica entre otras cosas lograr el salto del estudio multidisciplinario, al interdisciplinario y por último al transdisciplinario. Es necesario también fortalecer las miradas sociales y económicas, aún muy incipientes. Esta meta requiere impulsar el trabajo integrado de diferentes disciplinas, pero también la formación de recursos humanos acorde a este propósito, a través de programas que brinden el ámbito adecuado para la formación de estudiantes, la formulación de nuevos objetivos y metas, e indefectiblemente bajo planificación y mantenimiento a largo plazo.

## Referencias

Barber R. T. (2013) Ocean ecosystems, en *Encyclopedia of Biodiversity* (Second Edition).

Barbier E. B. (2017) Marine Ecosystems services. *Current biology* Volume 27, Issue 11, 5 June 2017, Pages R507-R510

Boltovskoy D. (ed.) (2008) Atlas de sensibilidad ambiental de la costa y el Mar Argentino (DVD). Buenos Aires: Grupo de Investigaciones Geoambientales. Proyecto Prevención de la Contaminación Costera y Gestión de la Diversidad Biológica Marina. GEF/ UNDP/ SAyDS/ SHN/ CONICET/ Fundación Vida Silvestre Argentina

Cefarelli A. O., Lewis M., Varisco M. (Eds) (2017) Libro de Resúmenes del IV Seminario Golfo San Jorge y Mar Austral. Integración institucional y disciplinaria. IDC – CIT GSJ, 6 – 8 Septiembre, 68 pp. ISSN 2618-5334

Cooper H. D., Noonan-Mooney K. (2013) Convention on Biological Diversity. En *Encyclopedia of Biodiversity*. 2nd Edition

Dans S. L., Cefarelli A. O., Galván D. E., Góngora M. E., Martos P., Varisco M. A. (eds.). (2020) Programa de Investigación y Monitoreo del Golfo San Jorge. Pampa Azul. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires



Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia (2008) Síntesis del estado de conservación del Mar Patagónico y áreas de influencia, Puerto Madryn, Argentina, Edición del Foro.

Galván D., Parma A. M., Pisoni J. P. (Eds.) (2019) VI Seminario Golfo San Jorge Libro de Resúmenes. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR – CONICET), ISSN 2618-5334

Jorgensen S. E., Fath B. D., et al. (2007) *A new Ecology. Systems Perspective.* Elsevier

Ostrom, S. (2009). *A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-Ecological Systems*

Pampa Azul (2016) Horizontes Estratégicos para el Mar Argentino. <https://www.pampazul.gob.ar/biblioteca/>

Parma A. M., Sanchez-Carnero N., Venerus L. A. (Eds.) (2018) Libro de Resúmenes del V Seminario Golfo San Jorge: Avances y retos futuros. Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CESIMAR – CONICET), 22–24 Agosto, 108 p. ISSN 2618-5334

Piola A. R. (2008) Oceanografía. En Estado de Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. [En línea]. Puerto Madryn, publicación del Foro, disponible en: <http://www.marpatagonico.org>

Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004) *The Ecosystem Approach, (CBD Guidelines)* Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity 50 p.

Redman C. L., Grove J. M., Kuby L. H. (2004) Integrating Social Science into the Long-Term Ecological Research (LTER) Network: Social Dimensions of Ecological Change and Ecological Dimensions of Social Change. *Ecosystems*, Vol. 7, No. 2, pp. 161-171 <http://www.jstor.org/stable/3658606>

UNESCO (2021) *El Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible (2021-2030). Plan de Ejecución.* <http://ioc.unesco.org/ocean-decade>

## Bibliografía consultada

### Sistema físico

Glembocki N. G., Williams G. N., Góngora M. E., Gagliardini D. A., Orensanz J. M. L. (2015) Synoptic oceanography of San Jorge Gulf (Argentina): A template for Patagonian red shrimp (*Pleoticus muelleri*) spatial dynamics. *Journal of Sea Research*, 95, 22-35.

Matano R. P., Palma E. D. (2018) Seasonal Variability of the Oceanic Circulation in the Gulf of San Jorge, Argentina. *Oceanography*, vol. 31, no. 4, 2018, pp. 16–24. JSTOR, [www.jstor.org/stable/26544288](http://www.jstor.org/stable/26544288).

Palma E. D., Matano R. P., Tonini M. H., Martos P., Combes V. (2020) Dynamical analysis of the oceanic circulation in the Gulf of San Jorge, Argentina, *Journal of Marine Systems*, Volume 203, 2020, 103261, ISSN 0924-7963, <https://doi.org/10.1016/j.jmarsys.2019.103261>

Paparazzo F. E., Crespi-Abril A. C., Gonçalves R. J., Barbieri E. S., Villalobos L. L. G., Solís M. E., Soria G. (2018) Patagonian dust as a source of macronutrients in the Southwest Atlantic Ocean. *Oceanography*, 31(4), 33-39.

Paparazzo F. E., Martínez R. P., Fabro E., Gonçalves R. J., Crespi-Abril A. C., Soria G. R., Barbieri E. A., Almandoz G. O. (2021) Relevance of sporadic upwelling events on primary productivity: The key role of nitrogen in a gulf of SW Atlantic Ocean. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 249, 107123. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2020.107123>

Pisoni J. P., Rivas A. L., Tonini M. H. (2020) Coastal upwelling in the San Jorge Gulf (Southwestern Atlantic) from remote sensing, modelling and hydrographic data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 245, 106919.

Sabatini M. B., Martos P. (2002) Mesozooplankton features in a frontal area off northern Patagonia (Argentina) during spring 1995 and 1998. *Scientia Marina*, 66(3), 215– 232. <https://doi.org/10.3989/scimar.2002.66n3215>.

### Productividad

Carreto J. I., Carignan M. O., Montoya N. G., Cucchi Colleoni A. D. (2007) Ecología del fitoplancton en los sistemas frontales del Mar Argentino. En: Carreto J. I., Bremec C. (eds). *El Mar Argentino y sus recursos pesqueros 5*: 11-13. INIDEP, Mar del Plata, Argentina.

Rivas A. L., Dogliotti A. I., Gagliardini D. A. (2006) Seasonal variability in satellite-measured surface chlorophyll in the Patagonian shelf. *Continental Shelf Research* 26: 703–720.

Segura V., Silva R. I., Moira Luz Clara, Martos P., Cozzolino E., Lutz V. A. (2021) Primary production and plankton assemblages in the fisheries ground around San Jorge Gulf (Patagonia) during spring and summer. *Plankton Benthos Res* 16(1): 24–39, 2021

Williams G. N., Larouche P., Dogliotti A. I., Latorre M. P. (2018) Light absorption by phytoplankton, non-algal particles, and dissolved organic matter in San Jorge Gulf in summer. *Oceanography* 31(4):40–49, <https://doi.org/10.5670/oceanog.2018.409>.

### Tramas tróficas

Funes M. (2020) Efectos de la pesca de arrastre sobre la estructura trófica del norte del Golfo San Jorge. PhD thesis. 170 pag. UNMDP, Mar del Plata (Argentina).

Koen-Alonso M., Yodzis P. (2005) Multispecies modelling of some components of the marine community of northern and central Patagonia, Argentina. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 62(7), 1490-1512.

Sánchez M. F., Prenski L. B. (1996) Ecología trófica de peces demersales en el Golfo San Jorge. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero* 10:57-71.

Sánchez F., Marí N., Milessi A. C., Roux A., Viñas M. D., Gorini F. (2008) Caracterización ecológica del Golfo San Jorge (Argentina) mediante modelación ecotrófica multiespecífica. Mar del Plata, Argentina: INIDEP.

### Componentes de la biodiversidad

Acha E. M., Ehrlich M. D., Muelbert J. H., Pájaro M., Bruno D., Machinandiaarena L., Cadaveira M. (2018) Ichthyoplankton Associated to the Frontal Regions of the Southwestern Atlantic. En: Hoffmeyer M, Sabatini ME, Brandini F, Calliari D, Santinelli NH (Eds), *Plankton ecology of the Southwestern Atlantic. From the Subtropical to the Subantarctic Realm*. Springer International Publishing, pp. 219-246.

Cepeda G. D., Temperoni B., Sabatini M. E., Viñas M. D, Derisio C. M., Santos B. A., Antacli J. C., Padovani L. N. (2018) Zooplankton Communities of the Argentine Continental Shelf (SW Atlantic, ca. 34°-55°s), An Overview. En: Hoffmeyer M, Sabatini ME, Brandini F, Calliari D, Santinelli NH (Eds), *Plankton ecology of the*

Southwestern Atlantic. From the Subtropical to the Subantarctic Realm. Springer International Publishing, pp. 171-199.

Fabro E., Krock B., Torres A. I., Papparazzo F. E., Schloss I. R., Ferreyra G. A., Almandoz G. O. (2018) Toxigenic dinoflagellates and associated toxins in San Jorge Gulf, Argentina. *Oceanography* 31(4): 145–153.

Massé-Beaulne V. (2017). Métabolisme de la communauté microbienne et flux de carbone à court terme dans le Golfe San Jorge, Patagonie (Argentine). Tesis. Rimouski, Québec, Université du Québec à Rimouski, Institut des sciences de la mer de Rimouski, 126 pp.

Sastre A. V. (2019) Microalgas marinas tóxicas en aguas costeras de la provincia de Chubut. Consejo Federal Pesquero. 98 p.

Sastre A. V., Santinelli N. H., Willers V., Solís M. E., Díaz Ovejero S., Pérez L. B., Pérez, A. A., Fajardo M. A., Gracia Villalobos L., Marino, G. R. 2013. Floraciones de *Alexandrium tamarense* y TPM en el Golfo San Jorge. En libro de resúmenes de XXXIV Jornadas Argentinas de Botánica, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Schiariti A., Sofía Dutto M., Morandini A. C., Nagata R. M., Pereyra D. Y., Fuente Tapia, F. A., Díaz Briz L., Genzano G. (2018) An Overview of the Medusozoa from the Southwestern Atlantic. En: Hoffmeyer M, Sabatini ME, Brandini F, Calliari D, Santinelli NH (Eds), *Plankton ecology of the Southwestern Atlantic. From the Subtropical to the Subantarctic Realm*. Springer International Publishing, pp. 413-449.

Schiariti A., Sofía Dutto M., Oliveira O. M., Faillia Siquier G., Puente Tapia F. A., Chiaverano L. (2020) Overview of the comb jellies (Ctenophora) from the Southwestern Atlantic and Sub Antarctic region (32–60°S; 34–70°W). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*: 1-25.

Yorio P., Frere E., Gandini P., Harris G. (eds.) (1998) Atlas de la distribución reproductiva de aves marinas en el litoral Patagónico Argentino. Plan de Manejo Integrado de la Zona Costera Patagónica. Fundación Patagonia Natural y Wildlife Conservation Society. Instituto Salesiano de Artes Gráficas, Buenos Aires. 221 pp.

## Cambio Climático

Allen M. R., Dube O. P., Solecki W., Aragón-Durand F., Cramer W., Humphreys S., Kainuma M., Kala J., Mahowald N., Mulugetta Y., Perez R., Wairiu M., Zickfeld K. (2018) Framing and Context. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable deve-*

lopment, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J. B. R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M. I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)] 47-92 (IPCC/WMO).

Bianchi A. A., Bianucci L., Piola A. R., Pino D. R., Schloss I., Poisson A., Balestrini C. F., (2005) Vertical stratification and air-sea CO<sub>2</sub> fluxes in the Patagonian shelf. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 110, 1–10.C07003.

Bianchi, A. A., Pino, D. R., Perlender, H. G. I., Osiroff, A. P., Segura, V., Lutz, V., Luz Clara, M., Balestrini, C. F. & Piola, A. R. (2009) Annual balance and seasonal variability of sea-air CO<sub>2</sub> fluxes in the Patagonia Sea: Their relationship with fronts and chlorophyll distribution. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 114, C0301.

Haustein, K. et al., (2017) A realtime Global Warming Index. *Scientific Reports*, 7(1), 15417, doi:10.1038/s41598-017-14828-5.

Kahl, L. C., Bianchi, A. A., Osiroff, A. P., Pino, D. R., & Piola, A. R. (2017) Distribution of sea-air CO<sub>2</sub> fluxes in the Patagonian Sea: Seasonal, biological and thermal effects. *Continental Shelf Research*, 143, 18-28.

Pörtner, H.-O., D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, E. Poloczanska, K. Min-tenbeck, M. Tignor, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, and N. M. Weyer [eds.]. (2019) Technical Summary: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate.

Risaro D. B., Chidichimo M. P., Piola A. R. (2018) Tendencias y variabilidad de la temperatura superficial del mar en la plataforma patagónica Argentina, X Jornadas Nacionales de Cs del Mar, Buenos Aires, Argentina, Julio 2018. Disponible online en <http://jornadasdelmar2018.exactas.uba.ar/wp-content/uploads/2018/09/Libro-de-Resumenes-X-jornadas-agosto2018.pdf>; Premio modalidad oral Estudiantes <https://jornadasdelmar2018.exactas.uba.ar/estudiantes-premiados/>

Risaro D. B. (2020) Las tendencias de largo plazo de la temperatura superficial del mar alrededor de Sudamérica y su posible impacto ecológico. Tesis Doctoral en Oceanografía, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina, Nov 2020. 128 pp.



## Notas

1. Estas características están dadas por los siguientes factores: el relieve y la profundidad o batimetría del fondo marino, la energía proveniente de la radiación solar y sus variaciones a lo largo de las estaciones, la corriente de Malvinas, que recorre el límite exterior de la plataforma continental, los vientos que actúan sobre la superficie del mar que generan corrientes y mezclan verticalmente la columna de agua, y las mareas, que promueven variaciones significativas del nivel del mar al tiempo que generan corrientes, mezcla vertical y áreas ricas en nutrientes cercanas a la costa (Piola 2008).

2. Se pueden citar el Proyecto Marino Patagónico (Conservación de la Diversidad Biológica y Prevención de la Contaminación Marina en Patagonia -PNUD ARG02/18), el Proyecto Consolidación e Implementación del Plan de Manejo de la Zona Costera Patagónica para la Conservación de la Biodiversidad (PNUD ARG/02/G31) y el Proyecto Protección Ambiental del Río de la Plata y su Frente Marítimo: Prevención y Control de la Contaminación y Restauración de Hábitats (FREPLATA). Entre los documentos técnicos relevantes, se encuentran: El Mar Argentino y sus recursos pesqueros (Boschi, E. E., Editor General; Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, INIDEP), el Atlas de sensibilidad de la costa y el Mar Argentino (Boltovskoy, D., Editor General), la Situación ambiental argentina 2005 (Fundación Vida Silvestre Argentina) y los informes Tracking Ocean Wanderers (BirdLife International) y Defying Ocean's End (Conservation International). Entre las publicaciones recientes puede citarse el trabajo de Halpern et al.: "A Global Map of Human Impact on Marine Ecosystems", *Science* 319: 948, (2008). En Foro para la Conservación del Mar Patagónico y Áreas de Influencia. 2008.

## Glosario

### Cambio Climático.

De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), éste se entiende como un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables. Por otro lado, el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático (IPCC) lo define como cualquier cambio en el clima con el tiempo debido a la variabilidad natural o como resultado de actividades humanas.

**Convención para la Conservación de la Biodiversidad:** (CBD) es el tratado internacional clave para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad

y para compartir en forma justa y equitativa los beneficios que surgen del uso de los recursos genéticos. Son parte de la Convención 192 países y la Unión Europea.

**Desarrollo sostenible:** Desarrollo que cubre las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para cubrir sus propias necesidades

**Ecosistema:** los organismos vivos (bióticos) y su ambiente o entorno de vida (abiótico) están interrelacionados de manera inseparable e interaccionan unos con otros. Cualquier unidad que incluya todos los organismos, la comunidad biótica, de un área dada que interacciona con su ambiente físico de manera que existe un flujo de energía y reciclados de materiales entre componentes vivos y sin vida (Odum y Warret, 2006).

**Sistemas frontales:** son sectores del mar donde se producen cambios bruscos de temperatura o salinidad asociados a corrientes horizontales y verticales intensas que mezclan y elevan a la superficie los nutrientes disueltos provenientes de aguas profundas.

### **Socioecosistema**

1. Un sistema coherente de factores biofísicos y sociales que interactúan regularmente de manera resiliente y sostenida;
2. Un sistema que se define en varias escalas espaciales, temporales y organizativas, que pueden estar vinculadas jerárquicamente;
3. Un conjunto de recursos críticos (naturales, socioeconómicos y culturales) cuyo flujo y uso está regulado por una combinación de sistemas ecológicos y sociales; y
4. Un sistema permanentemente dinámico y complejo con adaptación continua.

## CAPÍTULO 11

# Fuegos de Vegetación: evolución de un fenómeno socio-ecológico global y su impacto en la Interfase Urbano-Rural (IUR) de la Patagonia Andina de Argentina

**Guillermo Emilio Defossé**

Centro de Investigación Esquel de Montaña y Estepa Patagónica  
(CIEMEP-CONICET-UNPSJB) – Roca 780. Esquel, Chubut.  
Facultad de Ingeniería - Universidad de la Patagonia, Sede Esquel. Ruta  
259, km 16,4. Esquel Chubut.

gedefotur@gmail.com

241

**Palabras clave:** *Interfase Urbano Rural, Incendios de Vegetación, Ecosistemas Mediterráneos, Patagonia, Gobernanza.*

**Keywords:** *Wildland Urban Interface, Wildfires, Mediterranean Ecosystems, Patagonia, Governance.*

## Resumen

El fuego existe desde los orígenes del clima sobre la tierra, habiendo modelado la mayoría de los ecosistemas terrestres (bosques, pastizales, arbustales y humedales). Desde principios de la humanidad, el hombre y el fuego co-evolucionaron armónicamente, permitiendo grandes avances en el desarrollo humano. En los últimos 120-150 años, esta relación cambió, produciéndose grandes modificaciones en el uso y políticas de manejo de fuegos de vegetación. En los últimos 30 años, el desarrollo sin precedentes de urbanizaciones en áreas con vegetación natural (la Interfase Urbano-Rural, IUR o WUI en el idioma inglés), y su falta de manejo, incrementaron la ocurrencia de incendios catastróficos en estas IURs, afectando cada vez a más personas, bienes y estructuras. En Argentina, una de las IUR más afectadas se encuentra en la Patagonia Andina Central, donde los efectos negativos de estos incendios se agravaron últimamente por

la aplicación de políticas no sustentables desde lo ambiental, de gestión del fuego, y/o de planificación urbana. Desde la gobernanza<sup>1</sup>, urge revisar críticamente esas políticas y reemplazarlas por otras basadas en el conocimiento científico, cuyos objetivos sean garantizar la sustentabilidad de los ecosistemas y el desarrollo de urbanizaciones seguras en estas IURs. Sólo así se podrá atenuar este fenómeno socio-ecológico, que amenaza negativamente el modelo de desarrollo urbano de estas IURs a nivel mundial.

## **Abastract**

### **Vegetation Fires: evolution of a global socio-ecological phenomenon and its impact on the Urban-Rural Interface (IUR) of the Andean Patagonia of Argentina**

Wildfire exists since the origin of climate on earth, having modelled most vegetation ecosystems (forests, grasslands, shrublands and wetlands). Since the beginning of humankind, fire and man have co-evolved harmonically, allowing for significant advances in human development. In the last 120-150 years, however, this harmonic relationship changed, and big modifications in wildfire use and fire management policies occurred. In the last 30 years, unprecedented development of urbanizations in naturally vegetated areas (Wildland Urban Interface, WUI), and the lack of vegetation management in these WUIs, increased wildfire occurrence and its negative effects, affecting people, structures and other goods. In Argentina, one of the most characteristic WUIs is located in Central Andean Patagonia, where the negative effects of wildfires worsened because of the application of unsustainable environmental, fire management and urban planning policies. From the governance, it is urgent to critically review these policies and their replacement by others based of scientific knowledge, and whose objectives would be to guarantee the sustainability of the ecosystems and the development of safe urbanizations in these WUIs. Only by making and applying these proposed changes we will be able to attenuate this socio-ecological phenomenon, that negatively threatens the model of urban development of these WUIs either in Patagonia and at global level.

## **RELACIONES ENTRE EL HOMBRE Y EL FUEGO**

### **Desde tiempos remotos y hasta hace unos 120 años**

Estudios antropológicos señalan que algunos homínidos habrían comenzado a usar el fuego esporádicamente desde unos 500 mil a 1 millón de años atrás (Roebroeks y Villa 2011; Gowlet 2016). Sin embargo, no fue hasta hace unos 300 mil años que comenzó a manipularlo regularmente (Shimelmitz et al. 2014). Desde entonces perfeccionó su uso para la caza, la cocción de alimentos y como calefacción. Este incipiente “*manejo del fuego*”, permitió a los homínidos no sólo salir de África y colonizar territorios templados y templado-fríos de otros continentes (Gowlett 2016), sino que se convirtió luego en un factor clave

en su desarrollo y evolución. El fuego proveyó de dos elementos esenciales para la supervivencia y progreso de los homínidos como sociedad, ayudándolos a adaptarse y superar situaciones adversas. Estos elementos fueron: 1) el calor, como aglutinante y modelador del comportamiento social, de protección comunitaria, y para calefacción, y 2) la luz que el fuego proveía, como regulador de la foto-periodicidad, lo que alteró los ritmos biológicos y sincronizó aspectos reproductivos de los organismos de los homínidos (Attwell et al. 2015). Esta regulación muy probablemente permitió ajustar los nacimientos con picos de abundancia en la disponibilidad de alimentos, asegurándoles mayores tasas de supervivencia y una mejor adaptación a ambientes climáticamente adversos. Un tercer elemento, no menos importante, lo constituyó el uso del fuego para cocinar. Esto permitió aumentar el rango de alimentos consumidos por los homínidos, reduciendo al mismo tiempo los costos de digestión y mejorando sensiblemente la calidad nutricional de sus dietas (Attwell et al. 2015). Este mejoramiento en la calidad proteica de la dieta contribuyó sin dudas en la evolución y aumento del tamaño y desarrollo del cerebro, y a cambios en la anatomía facial de nuestros ancestros, convirtiéndose en un factor clave en su evolución (Zink et al. 2016, Raia et al. 2018).

Registros arqueológicos permiten inferir que el hombre hizo un uso creciente del fuego durante toda la Edad de Piedra, evolucionando paulatinamente en su conocimiento y manejo, lo que le permitió generar y desarrollar tecnologías para la producción de cerámicas y metales unos 6 mil años atrás (Brown et al. 2009). Con el nacimiento de la escritura hace unos 4000 años, al comienzo de la Edad Antigua, se produjo asimismo el desarrollo de grandes civilizaciones y el advenimiento de asentamientos humanos en grandes ciudades. El fuego que la leña proveía se transformó así en el elemento vital para el funcionamiento de la sociedad, aunque imprudencias y/o descuidos en su manipulación dieron origen a los incendios en ambientes urbanos (*i.e. incendios estructurales*), diferenciándose así de aquellos ocurridos en ambientes naturales poco antropizados (*i.e. rurales o "incendios de vegetación"*). Mientras que es escasa la descripción histórica de incendios de vegetación en la Edad Antigua, es profusa en la descripción de incendios de estructuras en ciudades. Como ejemplo, la historia reconoce que el primer gran incendio de estructuras correspondió al templo de Artemisa en Éfeso, en la actual Turquía (*considerado como una de las siete maravillas del mundo*), ocurrido en el año 356 AC. Luego se sabe que fue César Augusto el creador de los primeros cuarteles de bomberos voluntarios (constituidos por esclavos llamados *Vigili del Fuoco*, o vigilantes del fuego) en el año 22 AC (<https://curiosfera-historia.com/historia-bomberos-origen-evolucion/>). Con la caída del Imperio Romano en el año 476 de nuestra era, comienza la Edad Media. Las organizaciones que se habían abocado a combatir incendios de estructuras en ciudades desde el tiempo de los romanos desaparecen, y cada feudo comenzó a desarrollar las tareas de apagar incendios de manera individual. Desde entonces y hasta unos 120-150 años atrás, la interrelación entre el hombre y el fuego se dio como algo natural, siendo la leña la fuente energética fundamental de toda la sociedad humana, y los múltiples usos de la madera fue



lo que impulsó un notable desarrollo de la civilización occidental. Esto hizo que los ecosistemas boscosos, especialmente los que rodeaban el mar Mediterráneo y fundamentalmente los del centro de Europa, fuesen aprovechados por encima de su capacidad productiva. Esto provocó un creciente déficit en el recurso forestal (i. e. leña y madera), que fue advertido por algunos adelantados y que dio origen al concepto de “**sustentabilidad**”, tal como lo conocemos hoy.

En efecto, el concepto de **sustentabilidad** fue concebido inicialmente por el economista alemán Hans Carl von Carlowitz (1645- 1714). En su libro *Sylvicultura Oeconomica*, von Carlowitz hizo una revisión crítica sobre las consecuencias de la tala no regulada en los bosques de Sajonia en el centro-oeste de Alemania (Mallén Rivera 2013). Von Carlowitz advirtió que las tasas de extracción estaban superando a la productividad del bosque, lo que, con el tiempo, produciría su desaparición. Proponía entonces que la tasa de extracción no superara a la productividad primaria de esos bosques. Este concepto de **sustentabilidad** languideció luego por un largo tiempo, ya que la importación de madera y especies forestales que el “nuevo mundo” comenzaba a proveer, paliaron gran parte de ese déficit, dando la sensación de que los bosques eran inexhaustibles, enmascarando entonces el concepto de **sustentabilidad** acuñado por von Carlowitz. Con el devenir del tiempo, sin embargo, se probó que la predicción de von Carlowitz estaba en lo cierto, aunque no fue hasta 1987, con la publicación del informe de la Comisión Brundtland de las Naciones Unidas, que ese concepto fue establecido con su acepción actual, difundido, aceptado, y adoptado por los estados y luego por la sociedad global. El *Desarrollo Sustentable* se definió entonces como el “*hacer uso de los Recursos Naturales que permitan satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin poner en peligro la capacidad de las generaciones futuras de usarlos para satisfacer sus propias necesidades*” (Nuestro Futuro Común, CMA, ONU, 1987). Desde el punto de vista ecológico, el principio y objetivo de la **sustentabilidad** se basa entonces en “*Mantener la biodiversidad y los procesos que permiten lograr el equilibrio entre los distintos componentes de un ecosistema, previniendo las causas que desencadenan o motivan su deterioro o degradación ecológica*”. Ahora bien, ¿existe alguna relación que podamos establecer entre el concepto de **sustentabilidad** y los fuegos o “*incendios de vegetación*”? Por otro lado, ¿son sustentables o tienden a lograr la **sustentabilidad** de nuestros recursos naturales, las políticas, leyes y cursos de acción que como sociedad global y desde principios del siglo XX y hasta la actualidad hemos o estamos aplicando en la gestión de estos incendios?

## Desde 120 a unos 60 años atrás

Desde fines del siglo diecinueve, principios del veinte, los incendios de vegetación concitaron la atención de muchas naciones y sus sociedades. Se comenzaron a desarrollar así, políticas y legislaciones regulatorias que fueron respondiendo a las necesidades y deseos de cada sociedad, en función de la huella interna, o percepción colectiva, que dejan en ellas los eventos de incendios. Es-

tas percepciones pueden ser negativas (sensación de catástrofe), por un lado, o positivas, viendo al fuego como un elemento clave, económico y necesario para clarear áreas naturales e incorporarlas “al progreso”, mediante distintas actividades productivas. Esas políticas, evidentemente contrapuestas, emergieron de sucesos que afectaron a la opinión pública y obligaron a la gobernanza de entonces a obrar en consecuencia. La política de **exclusión total** del fuego en ambientes naturales tuvo su origen en los EEUU. Uno de los detonantes fue el gran incendio de Idaho de 1910, en el que después de una gran sequía, se quemaron en dos días más de 1,5 millones de ha, varias ciudades en los estados de Washington, Idaho y Montana en el oeste de los EEUU, y en el que murieron quemados 78 bomberos ([https://es.qwe.wiki/wiki/Great\\_Fire\\_of\\_1910](https://es.qwe.wiki/wiki/Great_Fire_of_1910)). Este hecho, de gran impacto en la opinión pública norteamericana, abonó la idea de proponer acciones y legislación que tuviese como objetivo fundamental la preservación de los bosques, declarando al fuego como el enemigo a vencer, ya que representaba supuestamente el principal elemento destructor que atentaba contra esa preservación. Esta política de **exclusión total** del fuego, cobró fuerza con la idea de mantener “intacto” el por entonces recientemente creado Parque Nacional Yellowstone. Se estableció en ese momento el llamado “Principio de las 10 am”, que se extendió luego como política oficial en todos los parques nacionales de los EEUU. Esta política explícitamente indicaba que cualquier incendio forestal que ocurriese en esos parques, e independientemente de su causa, debería extinguirse obligatoriamente antes de las 10 am del día siguiente. Esta **supresión total** de incendios, junto con la prohibición de hacer cualquier otro uso o aprovechamiento del bosque, dio comienzo a lo que defino en este análisis como modelo de **intangibilidad** en el manejo o gestión de los recursos naturales (nada se mueve, nada se toca, y los incendios se deben apagar rápidamente); todo en aras de “preservar intacto” ese ecosistema natural. Las supuestas “bondades” de este modelo fueron magistralmente comunicadas a la sociedad norteamericana y extendidas luego globalmente mediante films, la prensa escrita y televisiva (recordemos el consejo del famoso oso Smokey: ¡¡¡**Sólo tú puedes prevenir los incendios forestales!!!**). Ese mensaje exitoso sobre el concepto de **intangibilidad** fue haciéndose carne y espíritu y ha perdurado por varias generaciones en la sociedad global, y muy especialmente en los habitantes de ámbitos urbanos. El mismo transmite la idea de que el control inmediato y total de cualquier incendio de vegetación (enfoque que denomino **reactivo** y que desarrollaré más adelante), no sólo es responsabilidad de cada ciudadano, sino que, y por sobre todas las cosas, se torna en un imperativo a cumplir de carácter moral (Minor 2018).

El otro modelo se llevó a cabo en muchos lugares del mundo. Usaré como ejemplo el que se desarrolló en el sur de Chile entre los años 1900 y 1930, aproximadamente. El mismo, que defino como **modelo de explotación**, está basado en el uso indiscriminado del fuego como la herramienta más económica para “clarear el bosque”, eliminarlo, “conquistar” nuevas tierras e incorporarlas “a la producción” (Martinic 2005). Este modelo de **explotación** estaba expresamente autorizado por el Estado Chileno, cuyo objetivo era establecer colonias

ganaderas en ese territorio. Para poder acceder a la propiedad de la tierra, los colonos deberían demostrar primero que habían “clareado el bosque” mediante su **rozado** (término forestal que significa “**eliminado mediante el uso del fuego**”), reconvirtiéndolo a pastizales con aptitud ganadera (<https://aquiaysen.wordpress.com/2017/02/03/fuego-en-la-patagonia-de-aysen-en-los-inicios-de-1900-el-incendio-forestal-mas-grande-de-la-historia-de-chile/>). Mediante su aplicación, toda vegetación natural (e independientemente de su rol en el ecosistema), podía quemarse en aras de conseguir más superficie para expandir las actividades ganaderas, con el argumento de que, a través de ese clareo, se podría lograr colonizar definitivamente territorios todavía vírgenes, y afincar gente, llevar el progreso y producir más alimentos, riqueza, y bienestar para toda la sociedad.

Estos dos modelos fueron luego y hasta nuestros días, replicados por doquier. El de **intangibilidad** se extendió a muchos Parques, Reservas Nacionales, y en áreas de Interfase Urbano Rural (IUR)<sup>2</sup> de muchos países, mientras que el de **explotación** se lo ha usado para incorporar nuevas tierras para la agricultura o la ganadería, y llevar la colonización y el supuesto “progreso” a distintos rincones del planeta. Ambos demostraron funcionar exitosamente durante un cierto período, variando éste en función de las características ecológicas propias del ecosistema intervenido. Sin embargo y con el tiempo, ninguno de los dos modelos ha podido lograr que su aplicación garantice o tienda a lograr la **sustentabilidad**, en el tiempo, del ecosistema en el que se lo ha llevado o se lo lleva a cabo.

## CONSECUENCIAS DE LA APLICACIÓN DE ESTOS MODELOS

### El Modelo de explotación

El clareado por fuego o rozado de grandes superficies en el sur de Chile, permitió en un principio desarrollar la ganadería en esas áreas clareadas. Sin embargo, ese drástico cambio en el uso de la tierra (de bosque a pastizal), al que se le sumó una alta presión de pastoreo por el ganado, redujo gradualmente la productividad de los pastizales que sucedieron al aclareo del bosque, y las condiciones de los suelos inicialmente forestales se fueron deteriorando rápidamente, dando lugar a procesos erosivos que han perdurado por mucho tiempo. El efecto del fuego en este **modelo de explotación**, aplicado indiscriminadamente sobre grandes superficies fue tan potente y duradero que, aun habiendo eliminado los disturbios subsiguientes (i.e. el ganado) por muchos años, el ecosistema no pudo, por sí solo, ni volver a recuperar su estructura y funciones originales (perdió su resiliencia) ni tampoco se recuperó la productividad del pastizal que se había generado con la quema. Esa lección, sin embargo, no fue del todo comprendida por algunos estamentos de la sociedad global, y en muchos lugares del mundo se sigue insistiendo, hasta el día de hoy, con ese mismo

modelo de **explotación** que la ciencia viene cuestionando desde hace tiempo, y que indudablemente no conduce a la sustentabilidad del, o los ecosistemas, donde se lo aplica.

## El Modelo de intangibilidad

Por otro lado, la **intangibilidad** como modelo de gestión, plantea la “conservación estática” de los ecosistemas en su estado prístino, excluyendo particularmente o impidiendo la ocurrencia de cualquier disturbio natural (fuego en este caso). El error conceptual de este modelo fue creer que, suprimiendo los disturbios como el fuego, podríamos preservar esos ecosistemas de manera estática, saludables, y sin cambios en el tiempo (inmóvil, como si fuese la imagen que nos brinda una fotografía y que podemos preservar por años). Sin embargo, la observación empírica demostró que los ecosistemas no son estáticos sino dinámicos, y que muchos procesos, a veces imperceptibles para el ojo humano, o grandes y evidentes como los incendios, ocurren dentro de ellos y son parte de su dinámica natural. Uno de los primeros en postular la naturaleza dinámica y de cambio permanente de los ecosistemas fue el botánico e investigador Federico Clements, quien observó que los ecosistemas se comportan como supra-organismos que tienen las mismas funciones vitales que el resto de los organismos, poblaciones y comunidades (Clements 1916). Dicho de otra manera *“Los organismos que componen un ecosistema vegetal terrestre (ya sean árboles, pastos, arbustos, hierbas, etc.), nacen, crecen, se reproducen, mueren, y para que el ecosistema permanezca como tal, deben ser reemplazados por nuevas cohortes de las mismas especies, de manera que aún con cambios en el tiempo (provocados por diferentes disturbios), el ecosistema pueda seguir conservando sus estructuras y funciones originales”*. En muchos de estos ecosistemas, en especial en aquellos que tienen climáticamente una estación de sequía, la tasa de acumulación de biomasa es superior a la de senescencia o degradación (Morgan et al. 2003). Al carecer las plantas de “movilidad” como los animales, es el fuego el principal agente de disturbio que, al eliminar la biomasa senescente (la “vegetación vieja”) y transformarla en carbón o en cenizas, da paso a la germinación y establecimiento de nuevas generaciones de plantas, arbustos, pastos, etc., y que, con el tiempo, llevan a ese ecosistema a mantener o recuperar su estructura y funciones originales. Es importante mencionar que, en otros ecosistemas más húmedos, es el proceso de “dinámica de claros” (Arriaga Cabrera 1994) y la alta tasa de degradación e incorporación de material muerto al suelo, y no el fuego, quienes lideran los cambios implicados en la regeneración de las especies.

Las consecuencias de la interrupción de estos procesos dinámicos (i.e. la supresión de los incendios naturales) se fueron verificando luego en la realidad a partir de los años 60 del siglo veinte, cuando la ciencia comenzó a advertir sobre los efectos negativos que el modelo de intangibilidad estaba teniendo en algunos Parques Nacionales, en especial en el emblemático Parque Nacional Yellowstone (Leopold et al. 1963). Numerosas universidades e instituciones de in-

vestigación comenzaron a estudiar los efectos de ese modelo en varios parques y reservas del oeste de los EEUU, en ecosistemas forestales de las rocallosas de EEUU y Canadá, en pastizales de Texas y en partes de Florida (Wright y Bailey 1982). Estos estudios mostraron algunos efectos negativos y que eran comunes en todos los ecosistemas en los que se había aplicado este modelo de intangibilidad. Fue así que, a mayor éxito en la supresión, le sucedía en el tiempo, una mayor acumulación de biomasa, el estancamiento de la sucesión, una reducción en la diversidad y pérdida de hábitat para numerosas especies, el incremento de las especies dominantes y densificación de sus doseles, mayor susceptibilidad del bosque al ataque de insectos y plagas, etc., y cuya consecuencia final iban a ser incendios devastadores cuando se dieran las condiciones apropiadas (Dodge 1972). Este pronóstico se hizo realidad en 1988 en el propio Parque Nacional Yellowstone, en el que luego de una gran sequía combinada con muy altas temperaturas, se desató un incendio de características extremas (Wuerthner 2006). La biomasa acumulada por casi 100 años de exitosa “**supresión de incendios**”, ardió durante todo un verano, quemando las dos terceras partes del parque, haciendo estériles los esfuerzos de 21 mil combatientes, centenares de aviones, helicópteros y motobombas, y en el que se gastaron 148 millones de dólares para combatirlo sin poder apagarlo. Finalmente fue la llegada de las primeras nevadas en el otoño siguiente las que permitieron su control y pusieron fin a ese emblemático incendio. El estado del conocimiento y lecciones que dejó este incendio fueron luego descriptas en un libro escrito por los científicos más reconocidos en el tema fuego en los EEUU. Su título en inglés es “**Wildfire: a Century of Failed Forest Policies**” que traducido al castellano sería “**Fuegos de vegetación: una centuria de políticas forestales fallidas**” (Wuerthner 2006).

Desafortunadamente, las lecciones sobre lo que sucedió y que ya había pronosticado la ciencia, no fueron del todo comprendidas ni aprendidas por la sociedad. La gobernanza de entonces, urgida por presiones mediáticas y sociales (como ocurre hasta ahora), continuó empeñada en encarar el problema de los incendios de vegetación (o forestal en este caso) desde un enfoque **reactivo** y no **preventivo**, como lo indicaba la ciencia. Para explicarlos claramente, el enfoque “**reactivo**”, se basa fundamentalmente en declarar a los fuegos de vegetación como el “enemigo a vencer”, y que, para tener éxito en esa lucha, es necesario aumentar y mejorar paulatina- e incesantemente, las actividades, tecnologías, y capacidades de supresión y combate del fuego (i.e. más bomberos, más aviones y helicópteros hidrantes, más motobombas, etc.). En este enfoque **reactivo**, no se reconoce ni entiende al fuego como un disturbio muchas veces necesario para mantener la estructura y el buen funcionamiento de algunos ecosistemas vegetales como sí lo indica la ciencia. En el enfoque **preventivo**, en cambio, se reconoce a los fuegos de vegetación como un elemento de la naturaleza con el que hay que aprender a convivir, dejándolo actuar o aun propiciándolo cuando cumpla funciones ecológicas, y realizando todas las acciones preventivas que sean necesarias, a fin de minimizar sus efectos en caso de ocurrencia (Pyne 2020). Sin embargo y para poder aplicar este enfoque **preventivo**, es fundamental conocer previamente el “régimen natural de fuego”<sup>3</sup> del ecosistema donde se lo quiera aplicar. Una vez conocido ese régimen, se puede actuar entonces



sobre el **único factor** que el hombre puede manejar para reducir la ocurrencia de incendios catastróficos, y que es a través de una manipulación apropiada del combustible vegetal (la biomasa). No podemos “manejar” el clima (al cual afectamos por el consumo de combustibles fósiles y contribuimos con el efecto invernadero, pero no podemos modificarlo grandemente en el corto plazo), ni tampoco podemos actuar o alterar los factores meteorológicos (viento, temperatura, humedad relativa del ambiente y del combustible, o sequías previas), que inciden en la intensidad, severidad y propagación de los incendios.

### *Algunos ejemplos del enfoque **preventivo** en el manejo del combustible vegetal*

Existen varias formas de manejar el combustible vegetal de manera *preventiva*, y disminuir así su carga y evitar o minimizar incendios catastróficos. Genéricamente, podemos mencionar diferentes técnicas silviculturales como las podas y los raleos de árboles (que reducen la densidad y altura del combustible), el corte de la vegetación herbácea, el pastoreo por parte de grandes y pequeños herbívoros, el triturado o chipeado de arbustos y otras leñosas, las quemas prescriptas en diferentes tipos vegetales, y/o las combinaciones entre las diferentes técnicas mencionadas precedentemente. Cada una tiene su aplicación en función del ecosistema vegetal del cual se trate, y todas representan el enfoque *preventivo* del manejo del combustible vegetal en la gestión del fuego, ya que su objetivo final es la reducción de la biomasa combustible. Dado que las podas, raleos, corte y triturado de pastos y arbustos, y también el pastoreo, no necesitan demasiada explicación sobre sus efectos en la disminución de la biomasa combustible, me centraré en lo que se denominan las quemas prescriptas, y mostrar sus diferencias con las quemas controladas, el rozado, u otro tipo de uso del fuego no planificado o no basado en premisas científico-tecnológicas probadas.

Las quemas prescriptas se definen como “*la aplicación planificada y controlada del fuego, en una superficie previamente determinada, llevada a cabo por un grupo de expertos bajo condiciones de combustible y meteorológicas definidas (con rangos máximos y mínimos de temperatura ambiente, vientos y humedad relativa), con el propósito de lograr diversos objetivos de manejo de una comunidad o ecosistema, y que reduzcan al mismo tiempo el riesgo a futuro de incendios catastróficos*” (Wright and Bailey 1982, Defossé y Urretavizcaya 2003, Myers 2006). Las quemas prescriptas se basan fundamentalmente en el conocimiento del régimen natural del fuego en el ecosistema a intervenir, y deben responder a un plan escrito previamente, en el que se definen no sólo los objetivos finales que quieren conseguirse, sino también los parámetros deseables o admisibles del comportamiento del fuego durante la aplicación de la quema (altura y longitud de la llama, tasa de propagación del fuego, su intensidad, severidad, etc.), y los medios necesarios para su ejecución y control en caso de contingencias. La seguridad de quienes las ejecutan y de la comunidad en general son también parámetros importantes en la planificación de las quemas prescriptas. Cualquier aplicación del fuego que no siga los parámetros y condiciones mencionadas precedentemente, o que no cumplan con los requisitos de una quema prescripta,

no deberían utilizarse en el manejo de ecosistemas vegetales. Las quemas prescriptas constituyen una herramienta cada vez más importante en el mantenimiento y en la restauración de ecosistemas dependientes del fuego (fundamentalmente en ecosistemas de tipo Mediterráneo o con una estación seca invernal) y que se encuentren ubicados dentro de áreas naturales protegidas, en áreas de IUR con infraestructura y desarrollo urbano dentro de paisajes naturales propensos al fuego, y en algunas operaciones agrícolas y forestales de diferentes escalas (Myers 2006). Para ejecutarlas, es imprescindible contar previamente con los recursos materiales y de equipamiento, la capacidad técnico-científica y los conocimientos ecológicos y meteorológicos para desarrollarlas de manera segura y eficaz (Wright and Bailey 1982).

Para ilustrar el rol de las quemas prescriptas desde este enfoque **preventivo**, daré un ejemplo particular del cual participé mientras hacía mi postgrado en Ecología del Fuego en la Universidad de Idaho en los EEUU en 1986. Dentro del posgrado, uno de los cursos versaba sobre las quemas prescriptas para restaurar el rol del fuego en un bosque experimental de la universidad. En ese bosque, los fuegos habían sido suprimidos desde hacía unos 80 años, al habersele aplicado a rajatablas el modelo de intangibilidad que la política forestal de los EEUU había impuesto desde inicios del siglo XX. La enorme cantidad de biomasa acumulada permitía inferir que, si no se le hacían rápidamente tratamientos de reducción de combustible, se acrecentaría la probabilidad de que el mismo se incendie cuando se dieran las condiciones meteorológicas apropiadas y que una fuente de ignición natural (rayos) o de origen antrópico, pudiera iniciar un incendio. Durante casi tres meses revisamos trabajos ecológicos previos sobre algunas especies vegetales y animales clave de ese bosque que, por efectos de la exclusión total del fuego y la consecuente acumulación de biomasa, habían declinado en número o habían tendido a desaparecer. Se establecieron luego los objetivos particulares de la quema, centrándose en los siguientes puntos: 1) disminuir la carga de combustible hasta límites compatibles con la sustentabilidad del sistema (la biomasa en el sotobosque debía reducirse de tal manera que quedaran sin quemar entre 5 y 7 ton / ha), con lo que evitaría así el riesgo de incendios catastróficos en caso de ocurrencia; 2) abrir los doseles de árboles para generar claros en el bosque donde pudieran reestablecerse algunas especies de arbustos y pastos del sotobosque, que habían desaparecido por el sombreado de los doseles superiores durante muchos años. Dentro de esas especies, se buscaba particularmente el restablecimiento natural del género *Ceanothus*, ya que las hojas y pequeñas ramitas de este arbusto constituían a su vez la base de la dieta del ciervo mulo (*Odocoileus hemionus*), que también había desaparecido al no poder disponer de su principal alimento, ya que la alta densidad del bosque le impedía poder escapar de sus posibles predadores; 3) dejar al menos entre 5 y 8 árboles grandes quemados por ha (muertos en pie o *snags* en inglés) para que sirvan de hábitat (forrajeo y anidamiento) de diferentes especies de pájaros carpinteros y su fauna asociada, que habían desaparecido al no contar con árboles muertos (con corteza blanda) donde realizar sus excavaciones y poder alimentarse de diferentes insectos que viven en la madera muerta que-

mada; 4) Conducir fuegos superficiales muy suaves en bordes de arroyos, de manera que una limitada cantidad de cenizas y otros nutrientes, producto de la quema, pudiesen llegar como sedimentos a éstos y “fertilizar” los ambientes ribereños, para mejorar el hábitat que favoreciera el desarrollo de insectos, que luego servirían como alimento de las truchas y otros peces de estos cursos de agua; 5) mejorar las condiciones de hábitat para numerosas especies de otros pájaros que anidaban en esos bosques y que el cerramiento de los doseles les había quitado espacio para poder volar; 6) crear parches dentro del bosque cerrado para aumentar la diversidad vegetal en esa gran matriz boscosa, que sin el disturbio fuego se estaba convirtiendo en un bosque fuertemente dominado por sólo dos o tres coníferas; 7) conducir las quemas de manera segura para el personal involucrado, manteniéndola dentro de los límites de la prescripción; y 8) Capacitar mediante el “aprender haciendo” a profesionales para que sean idóneos en las prácticas de quemas prescriptas para que luego y de manera científica, puedan restaurar el fuego en otros ecosistemas que así lo necesiten. Todos estos objetivos tenían metas que deberían cumplirse en el corto, mediano, y largo plazo. Las cohortes de alumnos de este curso que nos sucederían en los años subsiguientes deberían ir monitoreando los efectos de esta quema, y seguir quemando en otros sectores del bosque con objetivos similares. Tuve oportunidad de volver a ese bosque en 1995, y comprobar que la mayoría de los objetivos de nuestra quema se habían cumplido exitosamente.

Como vemos, las quemas prescriptas basadas en criterios científicos no sólo sirven para disminuir la biomasa en caso de excesiva acumulación (lo que disminuye la probabilidad de incendios catastróficos), sino que tienen a su vez múltiples objetivos de manejo que tienden a beneficiar a muchos componentes del ecosistema donde se realizan. Desde luego y para aplicarlas, se necesitan conocimientos profesionales y un gran entrenamiento previo en su práctica. Al respecto, existen hoy en el mundo una gran cantidad de universidades, fundamentalmente en los EEUU (Scasta et al. 2015), en Europa (Universidad de Lleida en España, de Tras os Montes e Alto Douro en Portugal, y otras en Italia y Francia) y ONGs ambientalistas como The Nature Conservancy o Fundación Pau Costa, que en conjunto con el Servicio Forestal de los EEUU, hacen cursos anuales de carácter internacional para enseñar a conducir este tipo de quemas. También en varios países europeos y desde tiempo atrás se están reintroduciendo las quemas prescriptas suspendidas en los años 70 a 90 de siglo pasado, como forma de manejo para reducir la biomasa combustible y crear mejores condiciones para incrementar la diversidad en diferentes ecosistemas (Goldammer y Bruce 2004). Recientemente (2017) comenzaron a reintroducirse las quemas prescriptas en Finlandia para mejorar el manejo y promover la biodiversidad de sus bosques (UUTISET NEWS updated 16.4.2017). En Finlandia, esta práctica también se realizaba ancestralmente desde principios del siglo XVIII, interrumpiéndose abruptamente en los años 80-90 del siglo pasado por presiones ambientalistas, aunque sin fundamentos científicos que respaldaran esa decisión. Estudios científicos posteriores avalados por tanto por ecólogos y forestales como por ambientalistas, reconocieron no sólo el valor de estas quemas para

mejorar tanto la productividad como la diversidad de los bosques finlandeses, sino que también fueron aprobadas para formar parte del programa de buenas prácticas forestales que promueve el FSC (Forest Stewardship Council, <https://fsc.org>). El FSC es una prestigiosa ONG internacional que certifica globalmente el manejo sustentable de bosques.

## CAMBIOS EN LOS ÚLTIMOS 60 AÑOS Y HASTA LA ACTUALIDAD

Ahora bien, ¿por qué entonces y a pesar de sus múltiples y tangibles beneficios ecológicos, tanto la gobernanza, los medios, como la sociedad en general (especialmente la que habita en grandes conglomerados urbanos), reniegan del uso del fuego y en particular de las quemas prescritas u otras prácticas beneficiosas y útiles para el manejo integral del fuego en distintos tipos de vegetación, y se inclinan decididamente por su combate y supresión total?. ¿Cuál es la razón profunda de ese rechazo?. La respuesta a esas preguntas es sumamente compleja, multicausal y tiene fuertes componentes socio-ecológicos. En primer lugar, y en paralelo con las políticas extremas de manejo del fuego llevadas a cabo en los últimos 120 años (los modelos de *explotación* y de *intangibilidad* mencionados previamente), hubo en los últimos 50-60 años, profundas modificaciones en la realidad demográfica de muchos países, que implicaron una drástica disminución de la ruralidad y el aumento de migraciones hacia ciudades. Esto se debió en parte al mejoramiento de las condiciones de vida en las ciudades, entre otras cosas a partir de cambios en la matriz energética de los grandes conglomerados urbanos de muchos países del mundo. En ellos, se fue paulatinamente cambiando el uso de la energía de biomasa (leña) por el gas y/o la electricidad, quedando el uso de la biomasa de leña restringido a áreas periféricas y rurales. En solo dos generaciones, las poblaciones urbanas de las grandes ciudades fueron perdiendo el contacto directo y disminuyendo proporcionalmente sus conocimientos ancestrales y habilidades inherentes al uso y manejo del fuego generado por la biomasa vegetal, quedando éste restringido solo para la cocción de algunos alimentos (i.e. parrillas en nuestro país). Como mencioné anteriormente, esta pérdida de habilidades y conocimientos del manejo del fuego, sumado a los efectos destructivos que causan los incendios en las estructuras de los centros urbanos, fue acuñando el paradigma y cimentó la idea, fomentada por presiones mediáticas desde la radio, el cine o la televisión, de que todos los fuegos son perjudiciales y hay que combatirlos siempre (Minor 2018). En segundo lugar, y no menos importante, se relaciona a cambios mucho más recientes (hace unos 35-40 años atrás) y que se refieren al crecimiento de las áreas de Interfase Urbano Rural (IUR), donde convergen urbanizaciones con áreas de vegetación natural, a las que se les viene aplicando desde hace mucho tiempo atrás las políticas de intangibilidad o exclusión del fuego. No debería sorprendernos entonces (o sí) que datos científicos recientes indiquen que el número, tamaño de los incendios y el área total quemada, haya disminuido casi en casi un 25% en los últimos 20 años a nivel global (Andela et al. 2017, Payne 2020). Casi inmediatamente, surgen de estos datos dos preguntas: ¿por qué existe entonces la percepción

en la sociedad en general de que cada vez hay más incendios de vegetación de carácter catastrófico?; y ¿por qué los estados gastan más y más recursos económicos y desarrollan nuevas y más costosas tecnologías para combatir este tipo de incendios? La respuesta a la primera pregunta es que, si bien a nivel global se verifica un decremento en el número y tamaño de incendios y área quemada por fuegos antropogénicos en la mayoría de los ecosistemas vegetales, éstos se han concentrado en bosques o matorrales con doseles muy cerrados, con grandes acumulaciones de biomasa y ubicados fundamentalmente en áreas de Interfase Urbano Rural (o IUR). En estas IURs, el impacto del fuego sobre la matriz urbano-forestal (en las que se pone en riesgo además de la vegetación, vidas humanas y estructuras) es tan potente, visible, y destructivo, que concita la inmediata atención de todos los estamentos de la sociedad global y es noticia rápidamente en todos los medios audiovisuales (radiales y televisivos) y también escritos (diarios y revistas). Esta mediatización y preocupación por parte de la sociedad lleva a responder la segunda pregunta sobre ¿por qué los estados gastan más y más recursos económicos y desarrollan nuevas y más costosas tecnologías para combatir este tipo de incendios?. Esto se debe fundamentalmente a que la gobernanza, a quien la sociedad le ha encomendado el manejo de los recursos y la sustentabilidad de los ecosistemas, debe atender rápidamente sus demandas en el caso de siniestros como los incendios de vegetación en las IURs. Es su misión entonces demostrar “gestión” y no perder credibilidad ni el apoyo ciudadano, ya que tanto la prensa como la ciudadanía en general, reaccionan muy favorablemente y aprueban las acciones que implican el enfoque **reactivo** en el manejo de incendios, representado en estos casos por grandes despliegues de recursos humanos y/o materiales para combatir este tipo de incendios. Es la misma sociedad, a su vez, la que en general se muestra indiferente, y no exige, ni valora suficientemente, cualquier acción que implique el uso de técnicas **pre-ventivas** en el manejo de la vegetación, ya que estas son poco espectaculares y no son “visualizadas” ni son noticia para los medios y la sociedad como lo pueden ser movimientos de aviones, motobombas o helicópteros. Está probado científicamente que estas técnicas (como las podas, los raleos, el chipeado, las quemas prescriptas u otras técnicas de reducción del combustible vegetal), no sólo constituyen las mejores herramientas para evitar y/o minimizar el riesgo de ocurrencia de incendios catastróficos en esas mismas IURs, sino que son también mucho más eficientes y económicas que cualquier opción **reactiva** que implique el uso de técnicas de combate y supresión de incendios. Lo paradójico es que, a pesar de que la ciencia ha demostrado que por cada peso que se invierte en actividades de prevención, se ahorran cincuenta pesos en actividades de supresión, hay una clara tendencia de la gobernanza, avalada por toda la sociedad, de preferir gastar los cincuenta en supresión y no un peso en prevención. Además de los factores mencionados precedentemente, esta contradicción en la toma de decisiones básicamente incorrectas en relación a la gestión del fuego tiene una raíz socio-ecológica compleja, y está sustentada en la evolución relativamente reciente de los que se denominan *Sistemas Naturales y Humanos Acoplados* (*Coupled Natural and Human Systems* o CNHS en inglés), concepto desarrollado por Liu et al. (2007). Dentro de este concepto, el riesgo de incendios



como tal es considerado como una patología socio-ecológica (Paige Fisher et al. 2016). Esto es así ya que, en la definición y ejecución de las políticas de gestión de incendios, priman los deseos e intereses de la sociedad (fundamentalmente la intolerancia al fuego) por sobre las necesidades de los ecosistemas para cumplir con sus funciones vitales (por excesiva acumulación de biomasa) y lograr así su desarrollo sustentable. Para poder contrarrestar con éxito esta patología, es absolutamente imprescindible que tanto la gobernanza, los medios, y la ciudadanía en general, comprendan que los ecosistemas naturales funcionan con sus propias leyes no escritas, y que tienen tiempos y procesos que no se ajustan ni adaptan a los deseos, valores, o legislaciones que tenemos o pretendemos imponerles como sociedad. Y en relación directa con el disturbio fuego, debemos continuar investigando científicamente para comprender mejor cuál es su rol y funciones en cada ecosistema y aprender a convivir con él (Payne 2020). Esto nos dará la oportunidad de abandonar progresivamente el enfoque actual reactivo, centrado en adquirir tecnologías para aumentar y mejorar las actividades de supresión y combate, y concentrarnos en acciones de prevención y gestión del fuego a distintas escalas (predial, comunitaria, o de paisaje), mediante un manejo adecuado de la vegetación, y minimizar así sus efectos sobre estructuras y seres humanos, en especial en las áreas de interfase urbano rural (IUR).

## **LAS IURS Y SUS RELACIONES CON LOS INCENDIOS: HISTORIA, EVOLUCIÓN Y PERSPECTIVAS FUTURAS.**

Si bien la definición técnico-científica de Interfase Urbano Rural o IUR fue brindada a inicios de este documento, podemos resumirla diciendo que se trata de áreas rurales, generalmente aledañas a ciudades, donde las viviendas y las actividades humanas se entremezclan y/o limitan con áreas con vegetación natural (Radeloff et al. 2018). Estas IUR son motivo de diversos problemas humano-ambientales, entre los cuales podemos mencionar la fragmentación del hábitat y pérdida de diversidad, las disputas prediales, y en regiones con una estación climática seca, los incendios de vegetación (Alavalapati et al. 2005). Ejemplos de estas áreas alrededor del mundo pueden ser encontrados en el oeste de Norte América (Radeloff et al. 2018), en Australia (Collins et al. 2015), en Chile (Reszka y Fuentes 2015), y en Europa en Portugal (Gómez González et al. 2018), sur de Francia, Italia, España y Grecia (San-Miguel-Ayanz et al. 2013). En la Argentina, estas IURs se ubican fundamentalmente en la región oeste de la Patagonia central (Godoy et al. 2019), en Córdoba (Argañaraz et al. 2017), y en menor medida en otros ecosistemas cercanos a grandes ciudades y que presentan un período de sequía durante el año. Aunque el origen y desarrollo de las IURs a nivel mundial respondió a procesos diferentes, todas comparten el mismo problema del riesgo de incendios (por paulatina acumulación de biomasa por políticas de supresión total del fuego en ecosistemas con una estación de sequía). Uno de estos procesos de formación de las IURs lo podemos ubicar en los años 70-80 del siglo pasado en toda la Europa Mediterránea, cuando cam-

bios económicos que mejoraron la calidad de vida y del trabajo en las ciudades dieron como resultado grandes migraciones desde áreas rurales hacia centros urbanos, con el consiguiente abandono de actividades agrícolas y ganaderas (Goldammer y Bruce 2004). Esta migración produjo la paulatina desaparición del pastoreo intensivo, las quemadas y otras actividades que habían mantenido a la vegetación de esas áreas rurales aledañas a ciudades por debajo de umbrales críticos como para producir incendios de magnitud. Poco a poco, las viviendas de esas áreas abandonadas fueron compradas y transformadas en unidades de descanso o en recreativas de uso temporal, fundamentalmente por parte de habitantes de grandes ciudades o veraneantes del norte de Europa que buscaban el calor y el “buen tiempo” que estos ecosistemas ofrecían. Fue así como se mejoraron las viviendas y algunos accesos, mientras que la vegetación que las rodeaba, sin ningún tipo de manejo, se iba incrementando a niveles sin precedentes. El segundo proceso se dio fundamentalmente en países del nuevo mundo con ecosistemas similares a los mediterráneos, como en el oeste de los EEUU y Canadá, en Australia, el centro de Chile y en algunas regiones del Centro oeste la Patagonia Argentina. En estos lugares y entre los años 60 y hasta los 80s, la migración hacia esas incipientes IURs fue liderada por grupos de ciudadanos desencantados con sus vidas en grandes urbes y que, buscando la paz, armonía, y contacto con la naturaleza, se fueron asentando en estas áreas de IUR, que presentan además las características de estar ubicadas en zonas con escenarios naturales muy atractivos por su inusitada belleza (Stetler et al. 2010, Gill et al. 2015). En los últimos quince años, la mejora en las vías de comunicación, y de manera particular la conexión mediante telefonía celular e internet, causaron prácticamente una explosión demográfica en casi todas las IURs a nivel global (Lampin-Maillet et al. 2010, Galiana Martín 2012, Godoy et al. 2019). Esto trajo consigo un recrudescimiento de los problemas humano-ambientales señalados precedentemente, y en especial en las características cada vez más catastróficas cuando se producían incendios de vegetación. En efecto, la combinación de políticas de exclusión y la creciente urbanización de las IUR ha resultado en uno de los más grandes cambios en los regímenes de fuego (Morgan et al. 2001), alterando la cantidad de igniciones y aumentando la disponibilidad de combustibles en esas áreas.

## **EVOLUCIÓN DE ALGUNAS IURS EN EL MUNDO, EN PARTICULAR EN LA PATAGONIA CENTRAL DE ARGENTINA**

Para ilustrar el crecimiento explosivo e las IURs a nivel mundial, daré a conocer ejemplos de los EEUU, de Europa y de nuestra Patagonia Andina. Entre 1990 y 2010, en el territorio de los EEUU, el número de viviendas en las IURs aumentó de 30,8 a 43,4 millones, representando un 41% de crecimiento, mientras que la superficie ocupada por las IURs creció de 581.000 a 770.000 km<sup>2</sup> en el mismo período, lo que equivale a un 33% de crecimiento (Martinuzzi et al. 2015). En cuanto al número de habitantes en las IURs, este pasó de 6 millones en 1960, a más de 120 millones en 2012 (Tabla 1). Esto significa que, en 42 años, mientras la población total de los EEUU prácticamente se duplicó, las migraciones inter-

nas hacia las IURs se incrementaron unas 20 veces. Es importante también aclarar que, aunque la mayoría de las IURs censadas en los EEUU están ubicadas en ecosistemas propensos al fuego, existen otras en lugares más fríos y húmedos donde la incidencia de los incendios es menor.

En Europa, en la costa mediterránea española, es el flujo estacional de veraneantes el que acrecienta temporariamente el número de habitantes en las IURs, incrementando el riesgo de incendios por actividades antrópicas (fuegos en acampes mal apagados, negligencia) durante la estación veraniega, que coincide con la temporada de incendios (Tabla 2). Dada la enorme cantidad de biomasa seca acumulada y si se dan las condiciones apropiadas de altas tempera-

**Tabla 1.** Total de residentes en las IUR de los EEUU en 1960 y su evolución a 2012\*

Año	Habitantes (total del país, en millones)	Número de habitantes en áreas de interfase IUR En millones y (%) del total
1960	180	6 (3,33%)
2012	350	120 (34,3%)

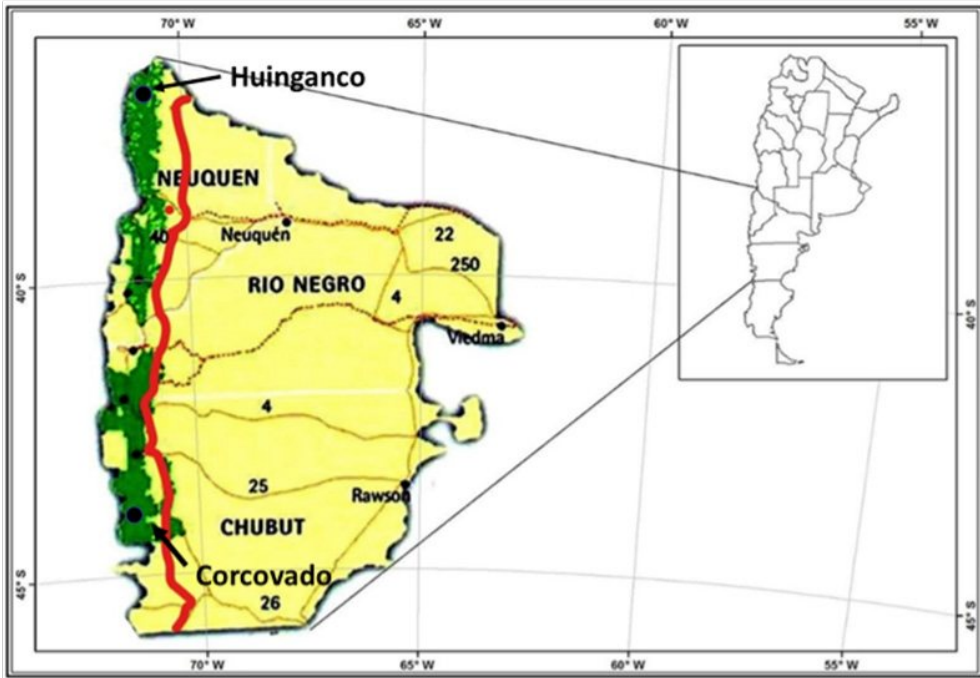
\* Tomado de Martinuzzi et al. 2015.

**Tabla 2.** Total de residentes permanentes y temporarios en las IUR de la región de Cataluña y aldeañas

Año	Residentes permanentes (total)	Incremento durante la temporada veraniega
2017 -Actual	7 millones	6 millones (total de 13 millones)

turas, vientos fuertes, y muy baja humedad relativa, es muy alta la probabilidad de que puedan iniciarse incendios que pueden llegar a presentar características de comportamiento extremo, siendo muy difícil su ataque y extinción. Este ejemplo es sólo para una porción de España, pero el mismo patrón se registra en toda la cuenca de Mediterráneo y que comprende gran parte de Portugal, y el sur de Francia, Italia, y Grecia.

En Argentina, una región que ejemplifica el rápido crecimiento de estas IUR está localizada al Este de los Andes, en la Patagonia central, entre los paralelos de 38° a 43° de latitud Sur, y entre el meridiano de 70° al Este y los grandes picos



**Figura 1.** Región Central de la Patagonia Andina Argentina, ubicada entre el límite con la República de Chile al oeste y la ruta Nacional Nro. 40 (en rojo) hacia el este. En esta angosta faja (denominado ecotono bosque-estepa) se ubican las principales ciudades de la pre-cordillera patagónica (puntos negros). Todas se han desarrollado y continúan creciendo en sus áreas de interfase urbano-rural. Huinganco al norte y Corcovado al sur han sido definidos como los límites norte y sur de este Ecotono.

montañosos de la cordillera de los Andes hacia el Oeste, que marcan el límite con Chile. En esta región se encuentran todas las localidades Andino-Patagónicas que van desde Huinganco en el norte de Neuquén y llegando hasta Corcovado al sur en Chubut (Figura 1). Esto engloba un territorio de una maravillosa belleza natural debido a proximidad de las montañas, grandes lagos de origen glacial, bosques templados con múltiples especies, y algunos parques nacionales, provinciales y municipales con paisajes magníficos (Beccaceci 1998).

En esta región, la política de exclusión del fuego fue introducida los años 40 del siglo pasado con la creación de varios parques nacionales (Tortorelli 1947). Como en otros sistemas mediterráneos, esta política causó desde ese entonces la acumulación de biomasa muerta sin precedentes, modificando el régimen natural del fuego y generando incendios más severos en caso de ocurrencia (Veblen y Kitzberger 2002; Ghermandi et al. 2016). Por otro lado, se dio en ella el asentamiento y crecimiento constante de ciudades como Junín y San Marín de los Andes y Villa la Angostura en Neuquén, Bariloche y El Bolsón en Río Negro,

y Lago Puelo, El Hoyo, Las Golondrinas, Epuyén, Cholila, El Maitén, Esquel, Trevelin y Corcovado en Chubut. Todas han evidenciado un marcado desarrollo de IURs en sus alrededores, en las cuales se ha dado un crecimiento constante de viviendas permanentes y/o como segundas casas para actividades recreativas. En efecto, el número promedio de casas y personas en esta región está creciendo a tasas dos a tres veces más rápido que en el resto de la Argentina (INDEC 2016). Este crecimiento puede ser explicado, en parte, porque la gente busca mejores oportunidades económicas (Ghermandi et al. 2016), mejorar su seguridad familiar, y por ende su calidad de vida en una región rodeada de la belleza natural de parques nacionales y provinciales. Como en otros ecosistemas con estación seca, incendios catastróficos han ocurrido en esta región, habiéndose incrementado su ocurrencia en coincidencia con años calurosos y secos entre 1999 y 2016. En este período, se quemaron 236.007 ha de áreas naturales y de IUR entre 1999 y 2015 (MAyDS 2015). A esta cifra hay que agregarle los incendios ocurridos en la IUR de Esquel en 2020 y recientemente (en marzo de 2021) en la zona de Lago Puelo, El Hoyo, Las Golondrinas y parajes aledaños a la ciudad de El Bolsón.

Un estudio detallado realizado con datos de entre 1980 y 2016 permitió dimensionar los cambios que se dieron en la zona de IUR que comprende El Bolsón y las localidades de Lago Puelo, El Hoyo, Epuyén y zonas aledañas (Godoy et al. 2019). En ese período, tanto el número de viviendas en el área urbana como en la IUR adyacente, crecieron en total un 35%, de 9.705 en 1982 a 13.101 en 2016. Sin embargo, si se computa el crecimiento relativo en el número de viviendas, ésta fue de sólo el 9% en las áreas urbanas, mientras que en la IUR adyacente fue de casi el 80% (Tabla 3). Asimismo, y en el mismo período, la superficie ocupada por la IUR creció un 75%, pasando de 12.141 a 21.336 ha (Godoy et al. 2019).

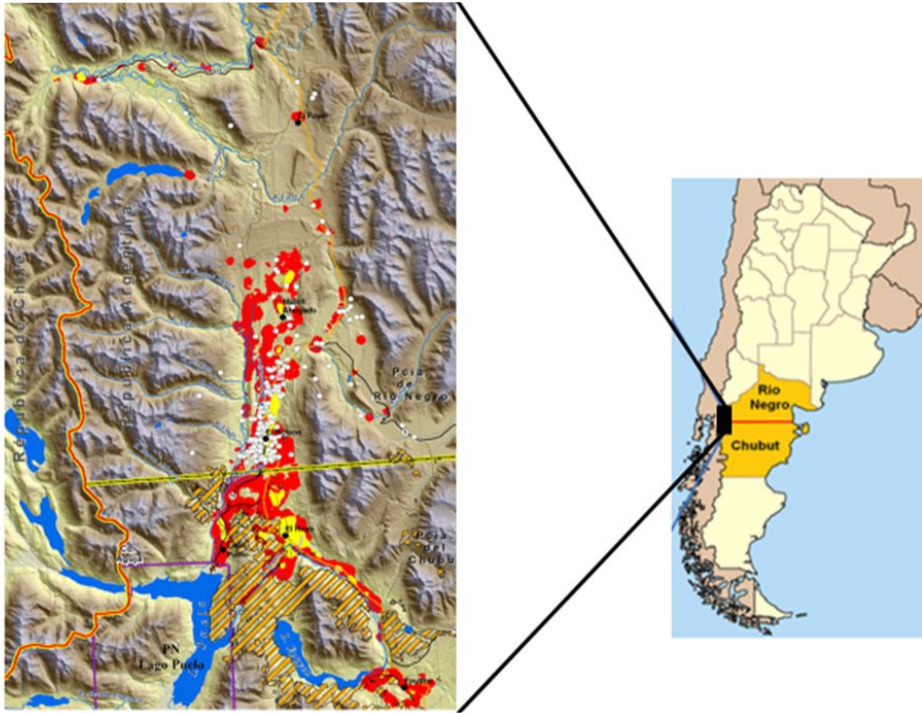
Por otra parte, y durante el período de 2010 hasta 2015, este estudio también analizó la incidencia de los incendios en una superficie de 337 mil ha alrededor

**Tabla 3.** Evolución del número de viviendas en los cascos urbanos y en la Interfase Urbano Rural (IUR) de El Bolsón, Lago Puelo, Epuyén y El Hoyo)\*.

Año	Casco urbano	Interfase Urbano Rural (WUI)	Fuera de la interfase	Total
1980	5.923 (61%)	3.469 (35.7%)	313 (3.2%)	9.705 (100%)
2016	6.452 (49.2%)	6.205 (47.4%)	444 (3.4%)	13.101 (100%)

\*Tomado de Godoy et al. 2019





**Figura 2.** Las IURs en los alrededores de El Bolsón, El Hoyo, Lago Puelo, y Epuypén en 2016 (áreas rojas y amarillas). Las rayas amarillas en diagonal son los incendios ocurridos entre 2011 y 2015 en esa región. Los círculos blancos corresponden a igniciones detectadas solo en la Provincia de Río Negro entre 2010 y 2015. Dentro de estas IURs, que representan el 6,4 % de todo el territorio analizado, ocurrieron el 77% de todas las igniciones documentadas, lo que indica la peligrosidad en el desarrollo de incendios en las IURS. En la provincia del Chubut, solo se registran incendios declarados y no igniciones, por esa razón la ausencia de esos puntos blancos en esa provincia (Godoy et al. 2019).

de donde hallan insertas estas ciudades y sus respectivas IURs. Toda la superficie analizada tiene el mismo clima y tipos de vegetación. Sin embargo, las IURs, que representan sólo el 6,4% de toda esa superficie, concentraron el 77% de todas las igniciones registradas (Godoy et al. 2019, Figura 2). Esto demuestra que aparte de la vegetación proclive a quemarse, la presencia humana y sus múltiples actividades en las IURS actúan como un factor desencadenante en la mayoría de las igniciones, que pueden luego convertirse en incendios. Por supuesto, la cercanía a los cuarteles de bomberos y brigadas de incendios hizo que la mayoría de las 252 igniciones registradas en esos cinco años en la Provincia de Río Negro, se pudieran apagar rápidamente y no pasaran a mayores. Sin embargo, tres de esas igniciones produjeron incendios de proporciones en los años 2011, 2012, y 2015. Dos años después de publicado el trabajo de Godoy et al. (2019) y cuando se dieron condiciones de extrema sequía, temperaturas

altas por varios días, y vientos por la entrada de un frente frío, una o varias igniciones se convirtieron en minutos en un incendio de comportamiento extremo, sin posibilidades de poder ser combatido con éxito por más voluntad y recursos humanos y materiales que se desplegaron. Como pasó en Yellowstone en 1988 y en otros incendios de interfase en California, Australia, Portugal, Grecia o Chile en los últimos años, la acumulación excesiva de biomasa, probables descuidos en alguna gente, cables de electricidad rozando la vegetación y lanzando chispas, y condiciones meteorológicas favorables, jugaron un rol fundamental en el rápido desarrollo y propagación de este incendio. Las consecuencias del mismo fueron 9206 ha quemadas, la pérdida de 3 vidas humanas, y la destrucción de 511 casas.

Si ampliamos el espectro del análisis de las igniciones contabilizadas entre 2010 y 2015, hay registros que muestran que en esa misma área también ocurrieron incendios de comportamiento extremo (similares al de 2021) durante las temporadas de verano de 1960, 1963, 1979, 1987, 1998, 2004, aparte de los registrados en 2011 y 2012 (Strobl y Zacconi 2012), y también en 2015. Es importante mencionar que los incendios ocurridos hasta 2004 quemaron mayoritariamente áreas silvestres que no estaban aún incorporadas a las actuales IURs. Como también sucede a nivel global, y pese a esta irrefutable realidad, los incendios en esta región se tratan aun desde el enfoque reactivo de supresión y combate. Sin embargo, es necesario remarcar una vez más, que la atenuación y disminución de los efectos de los incendios catastróficos deben basarse en la prevención. Estas tareas implican fundamentalmente la disminución de la biomasa durante el invierno, la adecuación de los códigos de edificación y ubicación de las casas en lugares seguros (sin vegetación combustible alrededor), el establecimiento estratégico de áreas y espacios libres de vegetación, el mantenimiento continuo de vías de escape y la limpieza y eliminación de ramas debajo de los tendidos eléctricos. Estas tareas preventivas son económicas y muy eficaces para tener interfases relativamente seguras en el caso de incendios.

Las similitudes entre los regímenes de fuego y en el desarrollo de la IUR entre la zona central de los Andes Patagónicos y en algunas regiones de oeste de los EEUU, son notables. En cuanto a los incendios, estas similitudes están representadas, por ejemplo, en el paralelo que hay en la historia del fuego en las montañas del Colorado Front Range y el noroeste de la Patagonia (Veblen y Kitzberger 2002), y la sincronía interhemisférica de incendios forestales y la influencia de la corriente de El Niño Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés) en ambas regiones (Kitzberger et al. 2001). Por otro lado, y en relación al desarrollo y crecimiento urbano de la IUR, la región centro noroeste en Patagonia está experimentando una tendencia expansiva similar a la que Hammer et al. (2007) describió para California, Oregón y Washington en EEUU. Similares patrones de crecimiento y expansión de las IURs, y la ocurrencia de incendios catastróficos se han verificado también en otras zonas de EEUU (Radeloff et al. 2018), en Europa (Lampin Maillet et al. 2010), en las Sierras Chicas de Córdoba en Argentina (Argañaraz et al. 2017) y en otras regiones del mundo (Bar-Massada et al. 2014).

## CONSIDERACIONES FINALES

En primer lugar, es importante comprender que los incendios de vegetación son de naturaleza compleja, y por lo tanto diferentes a los incendios de estructuras. Los incendios de estructura se terminan con su extinción, mientras que en los de vegetación, su extinción exitosa lleva con el tiempo a más y más acumulación de biomasa, lo que aumenta el riesgo y complejidad de futuros incendios. En los incendios de IURs, sin embargo, tanto la vegetación como las personas y estructuras son afectadas. Esto requiere de un enfoque especial basado tanto en la seguridad de las personas y estructuras como en la correcta comprensión de la vegetación y su funcionamiento en ecosistemas propensos al fuego. Hoy, y desde la gobernanza, es solo el condicionamiento humano basado en la protección de personas y estructuras lo que influye el proceso de decisión (del tipo reactiva) en el caso de ocurrencia de este tipo de incendios de IURs. Para afrontar el problema estos incendios de manera eficaz, deberemos abandonar el enfoque actual reactivo, centrado en aumentar y mejorar las actividades de supresión y combate, y concentrarnos en acciones de prevención y manejo de la vegetación. También es de vital importancia adecuar la legislación, tanto en lo relacionado a planificación y desarrollo urbano, como el apoyo a las tareas de gestión de la vegetación y prevención del fuego, y otras medidas que reviertan ese enfoque reactivo y que acompañen los avances del conocimiento científico en esta materia. El objetivo deberá ser entonces lograr garantizar tanto el desarrollo de urbanizaciones seguras como la sustentabilidad de los ecosistemas en estas IURs. Sólo así se podrá atenuar este fenómeno socio-ecológico, que amenaza negativamente el modelo de desarrollo urbano de estas IURs tanto en la Patagonia Argentina como a nivel global.

## Referencias

Alavalapati J. R. R., Carter DR, Newman DH (2005) Wildland–urban interface: challenges and opportunities. *Forest Policy and Economics* 7: 705–708.

Andela, N., Morton, D. C., Giglio, L., Chen, Y., van der Werf, G. R., Kasibhatla, P. S., DeFries, R. S., Collatz, G. J., Hantson, S., Kloster, S., Bachelet, D., Forrest, M., Lasslop, G., Li, F., Mangeon, S., Melton, J. R., Yue, C., Randerson, J. T. (2017). A human-driven decline in global burned area. *Science* 356:1356-1362

Argañaraz J. P., Radeloff V. C., Bar-Massada A., Gavier-Pizarro G. I., Scavuzzo C. M., Bellis L. M. (2017) Assessing wildfire exposure in the wildland-urban interface area of the mountains of central Argentina. *Journal of Environmental Sciences* 196: 499–510.

Arriaga Cabrera, L. B. 1994. Dinámica de claros y procesos de regeneración de un bosque de montaña. Tesis Doctoral. UNAM, México, 277 pp.

Attwell, L., Kovarovic K., Kendal J. R. (2015). Fire in the Plio-Pleistocene: the functions of hominin fire use, and the mechanistic, developmental and evolutionary consequences. *Journal of Anthropological Sciences* 93: 1-20.

Bar-Massada A., Radeloff V. C., Stewart S. I. (2014) Biotic and abiotic effects of human settlements in the wildland–urban interface. *Bioscience* 64: 429–437.

Beccaceci M. D. (1998) 'Natural Patagonia: Argentina and Chile, 1st edn. (Pan-gaea: Saint Paul, MN, USA)

Brown K. S., Marean, C. W., Herries, A. I. R., Jacobs, Z., Tribolo, C., Braun, D., Roberts, D. L., Meyers, M., Bernatchez, J. (2009). Fire as an Engineering Tool of Early Modern Humans. *Science* 325: 859-862.

Clements, F. E. (1916). *Plant Succession, an analysis of the development of vegetation*. Carnegie Institute of Washington. 512 pp.

CMMAD. (1987). *Nuestro Futuro Común. Informe Brundtland*. <https://www.ecominga.uqam.ca>

Collins K. M., Price O. F., Penman T. D. (2015) Spatial patterns of wildfire ignitions in south-eastern Australia. *International Journal of Wildland Fire* 24: 1098–1108.

Defossé, G. E. y Urretavizcaya M. F. (2003). Introducción a la Ecología del Fuego. Pags. 17-26. En: C. R. Kunst, S. Bravo y J. L. Panigatti (eds.). *Fuego en los Ecosistemas Argentinos*, Cap. 2. INTA – Santiago del Estero. 332 pp.

Dodge, M. (1972). Forest fuel accumulation -a growing problem. *Science* 177:130-142.

Galiana Martín L. (2012) Las interfaces urbano–forestales: un nuevo territorio de riesgo en España. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 58: 205–226.

Ghermandi L., Beletzky N. A., de Torres Curth M. I., Oddi F. J. (2016) From leaves to landscape: a multiscale approach to assess fire hazard in wildland–urban interface areas. *Journal of Environmental Management* 18: 925–937.

Gill N., Dun O., Brennan-Horley C., Eriksen C. (2015) Landscape preferences, amenity, and bushfire risk in New South Wales, Australia. *Environmental Management* 53: 738–753.

Godoy, M. M., Martinuzzi, S., Kramer, H. Á., Defossé, G. E., Argañaraz, J., Radeloff V. C. (2019). Rapid WUI growth in a natural amenity rich region in central-western Patagonia, Argentina. *International Journal of Wildland Fire* 28(7):473-484.

Goldammer, J. G. y Bruce M. (2004). The use of prescribed fire in the Land Management of western and Baltic Europe: an overview. *International Forest Fire News* 30: 2-13.

Gómez-González S., Ojeda F., Fernandes P. M. (2018) Portugal and Chile: longing for sustainable forestry while rising from the ashes. *Environmental Science & Policy* 81:104–107. doi:10.1016/J.ENVSCI.2017.11.006

Gowlett J. A. (2016). The discovery of fire by humans: a long and convoluted process. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2016 Jun 5;371(1696):20150164.

Hammer RB., Radeloff V. C., Fried J. S., Stewart S. I. (2007) Wildland–urban interface housing growth during the 1990s in California, Oregon, and Washington. *International Journal of Wildland Fire* 16: 255–265.

INDEC (2016) Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas. Buenos Aires.

Kitzberger T., Swetnam T. W., Veblen T. T. (2001) Inter-hemispheric synchrony of forest fires and the El Niño–Southern Oscillation. *Global Ecology and Biogeography* 10,: 315–326.

Lampin-Maillet C., Jappiot M., Long M., Bouillon C., Morge D., Ferrier J. P. (2010) Mapping wildland–urban interfaces at large scales integrating housing density and vegetation aggregation for fire prevention in the south of France. *Journal of Environmental Management* 91:732–741.

Leopold, A. J., Cain, S. A., Cottam, C. M., Gabrielson, I. N., Kimball T. I. (1963). Wildlife management in the National Parks. *Am. For.* 69(4):32-35, 61-63.

Liu J., Dietz T., Carpenter S. R., Folke C., Alberti M., Redman C. L., Schneider S. H., Ostrom E., Pell A. N., Lubchenco J., Taylor W. W., Ouyang Z., Deadman P., Kratz T., Provencher W. (2007). Coupled human and natural systems. *Ambio* 36: 639–649.

MA y DS (2015) 'Estadística de incendios forestales.' (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable: Buenos Aires, Argentina).

Mallén Rivera, C. (2013). Tres siglos de la invención de la sostenibilidad. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 4(20): 4-6.

Martinic, M. (2005). De la Trapananda al Aysén. Pehuén Editores, Santiago, Chile

Martinuzzi S., Stewart S. I., Helmers D. P., Mockrin M. H., Hammer R. B., Radeloff V. C. (2015) The 2010 wildland–urban interface of the conterminous United States. US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Research Map NRS-8.



Mermoz M., Kitzberger T., Veblen T. T. (2005) Landscape influences on occurrence and spread of wildfires in Patagonian forests and shrublands. *Ecology* 86, 2705–2715. doi:10.1890/04-1850

Minor, J. y Boyce G. A. (2018). Smokey Bear and the pyropolitics of United States forest governance. *Political Geography*, 62: 79-93.

Morgan P, Hardy C. C., Swetnam T. W., Rollins M. G., Long D.G. (2001). Mapping fire regimes across time and space: understanding coarse and fine-scale patterns.

Morgan, P., Defossé, G. E., Rodríguez N. F. (2003). Management implications of fire and climate change in the western Americas. Ch15, pp 413-440 in: T. T. Veblen, W. L. Baker, G. Montenegro, and T. W. Swetnam, eds. *Fire and Climatic Change in Temperate Ecosystems of the Western Americas*. Springer Verlag, Jena. 444 pp.

Myers, R. L. (2006). Convivir con el fuego. Manteniendo los ecosistemas y los medios de subsistencia mediante el Manejo Integral del Fuego. *The Nature Conservancy*, Tallahassee FL, 36 pp.

Pyne S. J. (2020). *Our Burning Planet: Why We Must Learn to Live With Fire*. Yale Environment 360. Yale University, USA

Radeloff V. C., Helmers D. P., Kramer H. A., Mockrin M. H., Alexandre P. M., Bar-Massada A., Butsic V., Hawbaker T. J., Martinuzzi S., Syphard A. D., Stewart S. J. (2018) Rapid growth of the US wildland–urban interface raises wildfire risk. *Proceedings of the National Academy of Science* 115: 3314–3319.

Raia P., Boggioni M., Carotenuto F., Castiglione S., Di Febbraro M., Di Vincenzo F., Melchionna M., Mondanaro A., Papini A., Profico A., Serio C., Veneziano A., Vero V. A., Rook L., Meloro C., Manzi G. (2018). Unexpectedly rapid evolution of mandibular shape in hominins. *Sci Rep*. May 9;8(1):7340.

Reszka P., Fuentes A. (2015) The great Valparaiso fire and fire safety management in Chile. *Fire Technology* 51: 753–758.

Roebroeks, W., Villa, P. (2011). On the earliest evidence for habitual use of fire in Europe. *Proc. Nat. Acad. Sciences* 108(13): 5209–5214.

San-Miguel-Ayanz J., Moreno J. M., Camia A. (2013) Analysis of large fires in European Mediterranean landscapes: lessons learned and perspectives. *Forest Ecology and Management* 294: 11–22.

.Scasta J. D., Weir, J. R., Engle, D. M. (2015). Assessment of experimental education in prescribed burning for current and future natural resource managers, *Fire Ecology* 11(1):88-105.

Shimelmitz R., Kuhn S. L., Jelinek A. J., Ronen A., Clark A. E., WeinsteinEvron M. (2014). 'Fire at will': the emergence of habitual fire use 350,000 years ago. *J Hum Evol.* 77:196-203.

Stetler K. M., Venn T. J., Calkin D. E. (2010). The effects of wildfire and environmental amenities on property values in north- west Montana, USA. *Ecological Economics* 69: 2233–2243.

Stewart S. I., Radeloff V. C., Hammer R. B., Hawbaker T. J. (2007). Defining the wildland–urban interface. *Journal of Forestry* 105: 201–207.

Strobl V., Zacconi G. (2012). Breve comparación entre los incendios Lago Puelo (1987) y Puerto Patriada (2012) ocurridos en el noroeste del Chubut. In 'Actas de Ecosociedad 2012: bosque, ruralidad y urbanismo 3–5 Octubre. Esquel, Argentina. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico CIE-FAP: Esquel, Argentina. pp. 194.

Syphard A. D., Radeloff V. C., Hawbaker T. J., Stewart S. I. (2009). Conservation threats due to human-caused increases in fire frequency in Mediterranean-climate ecosystems. *Conservation Biology* 23: 758–769.

Tortorelli L. A. (1947). 'Los incendios de bosques en la Argentina.' (Ministerio de Agricultura de la Nación: Buenos Aires, Argentina).

USDA and USDI (2001). Urban– wildland interface communities within vicinity on Federal lands that are at high risk from wildfire. *Federal Register* 66: 751–777.

Veblen T. T., Kitzberger T. (2002). Interhemispheric comparison of fire history: the Colorado Front Range USA, and the northern Patagonian Andes, Argentina. *Plant Ecology* 163:187–207

Wright, H. A., Bailey, A. W. (1982). *Fire Ecology United States and Southern Canada*. New York John Wiley and Sons, Inc.

Wuerthner, G. (2006). *Wildfire: a Century of Failed Forest Policies*. Island Press, EEUU

Zink, K. D., Lieberman, D. E. (2016). Impact of meat and Lower Palaeolithic food processing techniques on chewing in humans. *Nature* 531: 500–503.

## Notas

1. Definida como “las interacciones y acuerdos entre gobernantes y gobernados, para generar oportunidades y solucionar los problemas de los ciudadanos, y para construir las instituciones y normas necesarias para generar esos cambios”.
2. La interfaz o interfase Urbano Rural, IUR o WUI en idioma inglés, es el área de transición entre tierras con vegetación que están desocupadas y tierras con desarrollo urbano (USDA and USDI 2001). Estas zonas de IUR son foco de problemas humano-ambientales, incluidos los incendios, la fragmentación del hábitat la pérdida de la biodiversidad y las disputas territoriales
3. El régimen de fuego se define como un conjunto de condiciones recurrentes del fuego que caracterizan a un ecosistema. Estas condiciones incluyen frecuencia, comportamiento, severidad, propagación, tamaño, y distribución de los fuegos. Si se elimina o se aumenta la frecuencia del fuego o se altera o restringe uno o más de los componentes del régimen del fuego, el ecosistema puede transformarse, perdiendo hábitats y especies. Prácticamente todos los ecosistemas terrestres tienen un régimen de fuego, es decir, una historia de fuego que ha moldeado o afectado la estructura y la composición de sus especies (Myers 2006).

## CAPÍTULO 12

### El potencial energético renovable del Mar Argentino

**Griselda A. Carreras<sup>1,\*</sup>, Alejandro P. Haim<sup>1</sup>,  
Mario A. Pelissero<sup>1</sup> y Ana J. Lifschitz<sup>2</sup>**

1 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires, Departamento de Ingeniería Mecánica, Proyecto de Investigación de Energía Undimotriz I+D+i, Medrano 951, (C1179AAQ), Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina.

2 Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Chubut. GEMYS. Av. Del Trabajo 1536, Puerto Madryn, Chubut..

\* undimotriz@gmail.com

**Palabras clave:** *Energía renovable marina, Argentina, Desarrollo tecnológico.*

**Keywords:** *Renewable marine energy, Argentina, Technological development.*

#### Resumen

Los océanos constituyen una enorme fuente de energía renovable, disponible en diversas formas: la diferencia de nivel entre pleamares y bajamares (mareomotriz); las corrientes marinas; las ondas marinas (undimotriz), formadas por acción del viento; la diferencia de temperatura entre la superficie y las regiones profundas del océano (térmica oceánica); el potencial electroquímico entre la salinidad del agua de mar y el agua de los ríos que desembocan en el mar (osmótica marina; electrodiálisis inversa). Siendo todas estas, fuentes limpias, renovables y con un gran potencial energético. Su aprovechamiento como reemplazo de fuentes fósiles y contaminantes significa un beneficio ambiental muy importante en términos de reducción de gases de efecto invernadero. El aprovechamiento de estas formas de energía marina para su conversión en energía eléctrica está en desarrollo a nivel mundial en diferentes grados de maduración, se pueden observar algunas plantas operativas en forma comercial, otras en etapa pre-comercial y numerosos dispositivos se encuentran en desarrollo pre-

comercial o en etapa experimental. A continuación, se describirán los distintos tipos de energías marinas renovables y las tecnologías desarrolladas en el mundo para su aprovechamiento. Se resume el estado del conocimiento sobre el potencial energético del Mar Argentino y algunos de los proyectos activos.

## Abstract

### The renewable energy potential of the Argentine Sea

The oceans are a huge source of renewable energy, available in various forms: the difference in level between high tide and low tide (tidal range energy); tidal and ocean streams (marine currents); the waves, formed by the action of the wind (wave energy); the temperature difference between the surface and the depths (ocean thermal energy); the difference in chemical potentials due to the difference in salinity between seawater and freshwater from rivers at the mouths (osmotic power; reverse electrodialysis). Being all these, clean, renewable sources, and with a high energy density associated with the density of water, their use as a replacement for fossil and pollutants sources means a very important environmental benefit in terms of reducing greenhouse gases. The extraction of these forms of marine energy for conversion into electrical energy is under development worldwide in different degrees of maturity, some power plants operating commercially, others in the pre-commercial stage and numerous devices are in development or in the experimental stage. The types of renewable marine energies and the technologies developed in the world for their use are described. The state of knowledge about the energy potential of the Argentine Sea and some of the active projects are summarized.

## INTRODUCCIÓN

Los mares y océanos son una enorme fuente de energía limpia y renovable, disponible en diversas formas. Su aprovechamiento como reemplazo de fuentes fósiles y contaminantes significa un beneficio ambiental muy importante en términos de reducción de gases de efecto invernadero.

Actualmente existen en el mundo numerosas plantas que aprovechan las energías renovables marinas, algunas pocas operativas comercialmente, otras en etapa pre-comercial y numerosos dispositivos se encuentran en desarrollo o en etapa experimental. Los países más implicados en el desarrollo de energías marinas son: el Reino Unido, Irlanda, Portugal, los países nórdicos, España, India, China, Japón, Corea del Sur, Canadá y Estados Unidos.



## LOS TIPOS DE ENERGÍAS DEL MAR

Las energías del mar son derivadas de las condiciones oceánicas donde el potencial energético está radicado en las propiedades físicas y físico-químicas del mar, tal como las características de las ondas (undimotriz), el rango de marea (mareomotriz), la velocidad y el caudal del agua en las corrientes de marea y oceánicas, los gradientes de temperatura (térmica marina) y los gradientes de salinidad (osmótica marina; electrodiálisis inversa).

### Mareomotriz

Las mareas son las ondas más largas del océano, con longitudes de onda comparables con la longitud de la circunferencia terrestre en el Ecuador y períodos del orden de 12 a 24 horas. La mayor diferencia en la altura de las mareas se produce cuando el Sol, la Luna y la Tierra están alineados (mareas de sicigias) y la menor diferencia de altura de mareas se produce cuando la Luna y el Sol forman un ángulo de 90° con respecto a la Tierra (mareas de cuadratura). La diferencia entre el máximo nivel que alcanza el agua (pleamar) y el mínimo nivel (bajamar), constituye el potencial energético de la marea, varía de un lugar a otro del planeta y puede variar desde unos pocos centímetros hasta varios metros. Para aprovechar en forma comercial esta energía potencial se requiere una altura de marea mínima de 5 metros y la existencia de una bahía, ría o estuario donde se pueda construir un dique que separe el estuario del mar. Estas condiciones se dan en un número limitado de lugares en el mundo.

Algunos de los sitios con mayor rango de mareas del mundo son: la bahía de Fundy en Canadá, el estuario de Severn en Gran Bretaña, las bahías de Mont-Saint-Michel y el estuario de Rance en Francia y en la ría Gallegos de la provincia de Santa Cruz en Argentina.

Para convertir la energía potencial de las mareas en energía eléctrica se utiliza la tecnología empleada en centrales hidroeléctricas tradicionales; en este caso se construye una represa o barrera en una bahía o estuario donde se instalan compuertas y turbinas para turbinar el agua; cuando hay una diferencia adecuada en el nivel del agua en ambos lados de la presa, se abren las compuertas y la presión hidrostática creada por el desnivel hace que el agua fluya a través de las turbinas.

Esta fuente de energía tiene la ventaja de ser altamente predecible y con costos de operación y mantenimiento no elevados. Tiene como desventajas el alto costo inicial de instalación, un impacto ambiental elevado (comparado con plantas solares o aerogeneradores) y que se necesita alcanzar una diferencia de cotas lo suficientemente amplia para que la diferencia de potencial sea aprovechable. Debido a la variación de los periodos de las mareas, se produce una intermiten-

cia en la generación diaria de electricidad, que además va variando en horario cada día. Es por esto que la generación diaria de energía eléctrica es de alrededor de 10 o 20 horas, dependiendo si las turbinas son de simple o doble flujo.

En el mundo se han estudiado muchos sitios, sin embargo, pocos proyectos comerciales han llegado a materializarse, principalmente debido al alto costo inicial de construcción.

La primera gran central mareomotriz para la producción comercial de energía eléctrica, se construyó entre 1960 y 1967 en el estuario de Rance, Francia, donde la diferencia media entre pleamar y bajamar es de 8 m. Consta de 24 turbinas bulbo axiales de 10 MW cada una, constituyendo 240 MW de potencia instalada. La energía neta generada anual es del orden de 550 GWh. Sobre el dique de 700 m de largo y 24 m de ancho, se construyó una carretera de dos carriles.

La central mareomotriz del Lago Sihwa en Corea del Sur, inaugurada en el año 2011, es actualmente la de mayor capacidad instalada del mundo; su capacidad de producción es de 254 MW (10 turbinas bulbo de 25,4 MW cada una), la generación anual es del orden de 550 GWh.

## Corrientes marinas

270

Además de la energía potencial de las mareas, existe la energía de las corrientes de marea que corresponde a la energía cinética asociada al movimiento ascendente y descendente de las mareas. También existen corrientes generadas por diferencias de temperatura y salinidad del mar. Cuando las corrientes marinas se canalizan a través de una topografía restringida, como estrechos, se pueden producir velocidades de corrientes entre 2 a 3 m/s o a veces superiores.

El principio de captación se basa en convertidores de energía cinética similar a los generadores eólicos, pero en este caso, las instalaciones están debajo del agua. La potencia media por unidad de área es proporcional a  $\rho v^3$ , siendo  $\rho$  la densidad del agua y  $v$  la velocidad. Estas corrientes poseen una alta capacidad energética, debido a que el agua de mar tiene una densidad promedio de 1.025 kg/m<sup>3</sup>, lo cual implica que una corriente marina a una velocidad de 2 m/s posee aproximadamente por cada m<sup>2</sup> de área perpendicular a su flujo, la misma energía que una velocidad de viento de 18 m/s.

En la década del 80 se desarrollaron y probaron las primeras turbinas para el aprovechamiento de corrientes marinas y desde entonces se han propuesto y desarrollado una gran cantidad de diseños.

Actualmente, el convertidor de corrientes más poderoso del mundo es el O2 de 2 MW construido en Reino Unido por Orbital Marine Power. Consiste en un

casco tubular flotante de acero de 72 m de largo, amarrado mediante anclas al fondo del mar. Dos rotores subacuáticos de 1 MW cada uno están conectados al cuerpo a través de brazos que pueden elevarse a la superficie para mantenimiento. El convertidor fue instalado en el sitio de pruebas del Centro Europeo de Energías Marinas (EMEC) en Orkney y conectado a la red eléctrica local.

## Undimotriz

La energía undimotriz se refiere a la energía que transportan las ondas marinas. Debido a la rotación de nuestro planeta se produce el calentamiento diferencial de la superficie de la Tierra por la energía solar, esta diferencia de temperatura genera los vientos y a medida que los mismos se desplazan sobre la superficie oceánica se van creando las ondas que resultan una expresión de la cesión de parte de la energía eólica a la superficie marina. La cantidad de energía transferida depende de la velocidad del viento, el tiempo aplicado y la distancia recorrida. Las ondas pueden viajar miles de kilómetros con poca pérdida de energía, a menos que encuentren vientos en contra. Cerca de la costa la intensidad de energía de las ondas disminuye debido a la interacción con el fondo marino.

Para describir este fenómeno debido al forzamiento de vientos sobre la superficie oceánica se utiliza el término “mar de viento” (la dirección de propagación de estas ondas es similar a la dirección local del viento); para describir al forza-



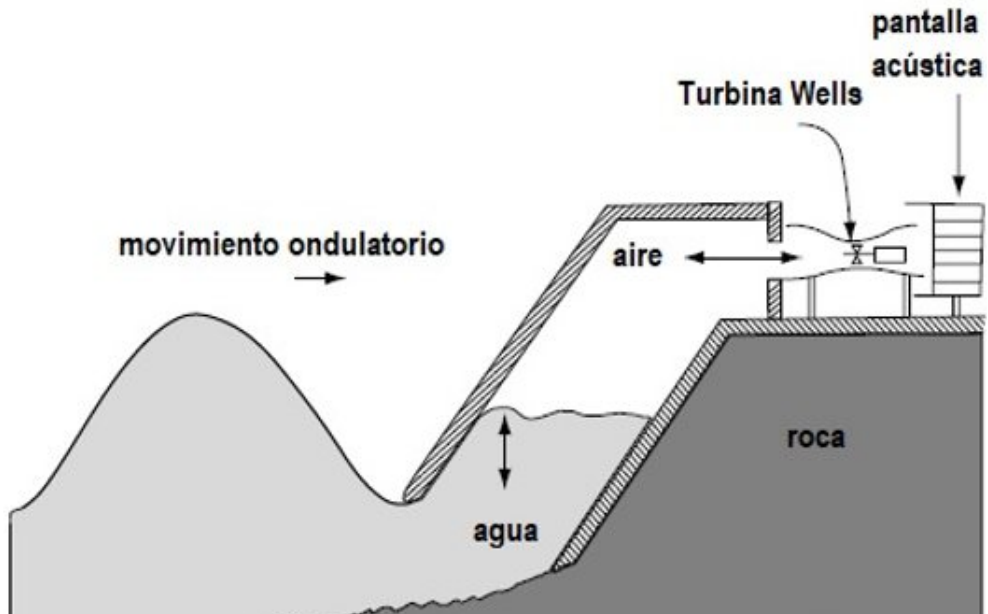
**Figura 1.** Convertidor de corrientes de marea O2 de 2 MW construido por Orbital Marine Power cuando está siendo remolcado hacia el sitio de pruebas EMEC en Orkney. Escocia. Fuente: <https://orbitalmarine.com/>

miento de los vientos en períodos largos fuera del área de tormenta dónde fue generado se utiliza el término “mar de fondo” o *swell* (se propaga por el océano con poca pérdida de energía) (Falnes, 2007).

La potencia undimotriz es el flujo de energía que atraviesa una superficie vertical perpendicular a la dirección de propagación, por lo tanto, puede ser expresada en  $W/m^2$ . Sin embargo, lo habitual es expresar la potencia de las ondas en  $W/m$  (Watt por metro de frente de onda) cuantificando el flujo de energía que pasa a través de una superficie perpendicular a la dirección de propagación de las ondas por unidad de tiempo.

La energía undimotriz es 5 veces más concentrada que la energía eólica y hasta 15 veces más concentrada que la energía solar. A medida que la energía solar se convierte en energía eólica, el flujo de energía se concentra espacialmente, desde una intensidad promedio típicamente de  $0,1$  a  $0,3$   $kW/m^2$  de superficie horizontal hasta  $0,5$   $kW/m^2$  de área perpendicular a la dirección del viento; una concentración espacial aún mayor tiene lugar a medida que la energía eólica se convierte en energía undimotriz, levemente por debajo de la superficie del mar la intensidad promedio del flujo de energía es de  $2$  a  $3$   $kW/m^2$  de área perpendicular a la dirección de la onda (Falnes, 2007).

La primera patente del aprovechamiento undimotriz fue registrada en Francia en 1799, sin embargo, la investigación de este tipo de energía se intensificó du-



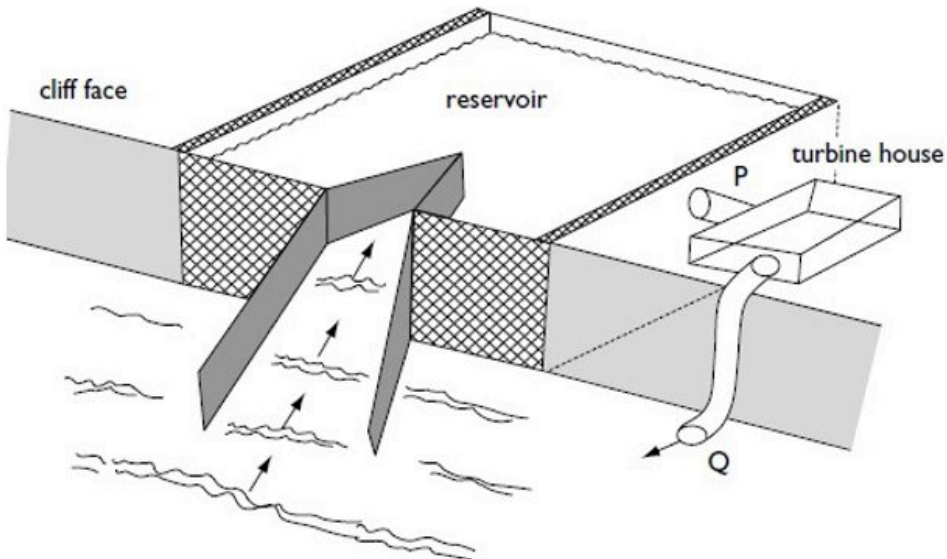
**Figura 2.** Representación esquemática de la sección vertical de un convertidor del tipo OWC montado sobre la costa. Fuente: Twidell y Weir (2006).

rante la década de 1970, especialmente en el Reino Unido. Actualmente, en todo el mundo existen más de 4.000 patentes para la de conversión de energía undimotriz en electricidad, siendo la que presenta la mayor diversidad de técnicas de conversión.

Una de las técnicas más maduras es conocida como Columna de Agua Oscilante (OWC por sus siglas en inglés). Consiste en una estructura de acero u hormigón parcialmente sumergida, abierta por debajo de la superficie del agua. El agua incidente de las ondas oscila dentro de la cavidad, provocando a su vez, un movimiento oscilatorio en el aire encima del agua, el cual mueve una turbina Wells acoplada a un generador eléctrico (Figura 2). Las turbinas Wells tienen la particularidad de girar en el mismo sentido independientemente de la dirección del flujo de aire.

Esta técnica de captación ha sido implantada sobre la línea de costa (por ejemplo: la planta LIMPET de 250 kW en la isla de Islay, Escocia y la planta de Pico de 400 kW en las Azores, Portugal), en estructuras rompeolas (plantas de Mutriku de 296 kW en España y Sakata de 110 kW en Japón) y en plataformas flotantes más alejadas de la costa (Mighty Whale de 110 kW instalada a 1,5 km de la entrada de la bahía Gokasho en Japón y Yongsoo de 500 kW instalada a 1,2 km de la costa de la isla Jeju en Corea del Sur).

Otra técnica utilizada es la captación del agua en reservorios. Las ondas inciden sobre una rampa la cual conduce el agua hacia un reservorio donde es almacenada a un nivel más alto que el mar circundante. Se aprovecha la energía



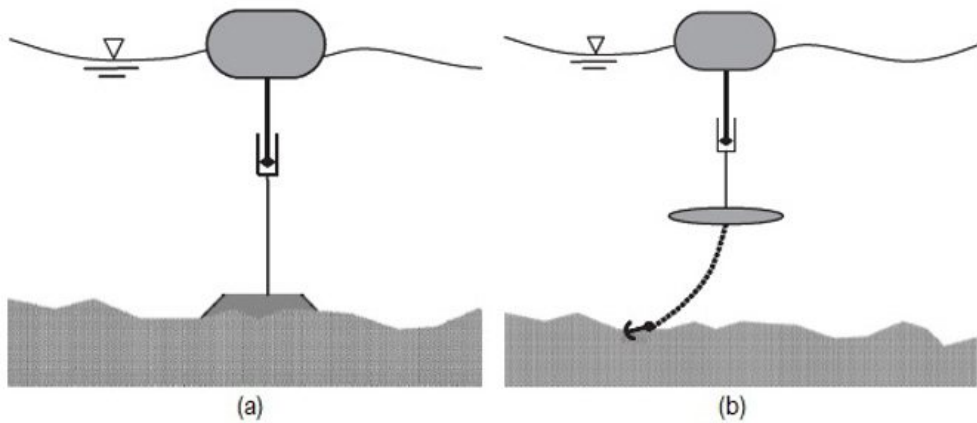
**Figura 3.** Esquema del convertidor de rebosamiento TAPCHAN. Fuente: Twidell y Weir (2006).



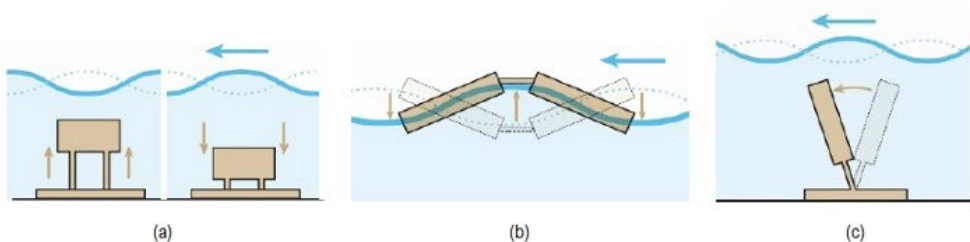
potencial del agua almacenada a través de turbinas hidráulicas de baja altura (Figura 3). Esta técnica se ha implantado sobre la línea de costa en Toftestallen, Noruega (convertidor TAPCHAN construido en 1985) y también en dispositivos flotantes como el danés WaveDragon.

Otras técnicas se basan en el movimiento relativo de dos cuerpos o del movimiento de un cuerpo en relación a un punto fijo:

- Una boya oscilante que reacciona contra un cuerpo fijo (Figura 4). El convertidor PowerBuoy de la empresa estadounidense Ocean Power Technologies y el convertidor CETO de la compañía australiana Carnegie son ejemplos que utilizan esta técnica.



**Figura 4.** Esquema de dispositivo simple de cuerpo oscilante el cuál reacciona contra (a) un anclaje fijo o (b) un cuerpo sumergido. Fuente: Falnes (2007).



**Figura 5.** Esquemas de dispositivos de cuerpos oscilantes. (a) Arquímedes; (b) cuerpo flotante con referencia móvil; (c) dispositivos de impacto o pendulares. Fuente: Ibáñez apud Cavia de Olmo (2009).

- Arquímedes: se basa en el movimiento relativo entre dos cuerpos que presuriza el fluido contenido en el interior (Figura 5.a). Esta técnica es la utilizada por el convertidor Arquímedes Wave Swing desarrollado por la compañía holandesa Teamwork Technology.
- Movimiento relativo de las partes de una estructura flotante (Figura 5.b). El convertidor Pelamis desarrollado por Ocean Power Delivery Ltd del Reino Unido está compuesto de secciones cilíndricas unidas por juntas articuladas. Opera semi-sumergido sujetado al fondo del mar mediante un sistema de amarres que permite su alineación frontal a las ondas incidentes. Cuando las ondas pasan por debajo y a lo largo de la máquina, causan que la estructura se mueva en torno a sus articulaciones. Este movimiento se transmite a émbolos hidráulicos que bombean aceite a alta presión a través de una turbina hidráulica que se encuentra conectada a un generador eléctrico.
- Dispositivos de impacto o pendulares: aprovechan la energía horizontal de las olas para mover un pistón que a su vez acciona la turbina (Figura 5.c). El convertidor Oyster de la compañía escocesa Aquamarine Power y el Wave-Roller desarrollado por la finlandesa AW Energy Oy son ejemplos de dispositivos pendulares.

## Gradiente térmico oceánico

En los mares tropicales, pueden producirse diferencias de temperatura de alrededor de 20 a 25 grados centígrados entre el agua de la superficie que absorbe la energía del Sol y el agua fría de la profundidad (500-1.000 m) a temperaturas de 8 a 4 grados centígrados. La conversión de energía térmica oceánica consiste en aprovechar esta diferencia de temperatura mediante máquinas térmicas que convierten parte de esta energía en trabajo útil para la generación de electricidad.

El principio de conversión consiste en un motor térmico con un fluido de trabajo de bajo punto de ebullición, por ejemplo, amoníaco, que opera entre la temperatura fría del agua bombeada desde la profundidad y la temperatura caliente de las aguas superficiales. El fluido de trabajo circula en un ciclo cerrado, captando calor del agua caliente y cediéndolo al agua fría a través de intercambiadores de calor. Cuando el fluido de trabajo se expande, mueve una turbina, que a su vez acciona un generador de electricidad. El fluido de trabajo es enfriado y condensado por el agua fría, logrando un ciclo continuo.

Existen sistemas alternativos de ciclo abierto que tienen al agua de mar como fluido de trabajo y sistemas híbridos que combinan las características de los dos anteriores optimizando su funcionamiento, generando electricidad y agua dulce. El agua marina caliente entra en un evaporador flash donde es evaporada

súbitamente y el calor del vapor obtenido se utiliza para vaporizar el fluido de trabajo (de bajo punto de ebullición) que circula en un ciclo cerrado. El fluido de trabajo vaporizado acciona la turbina del generador eléctrico y luego es condensado en el intercambiador de calor.

La energía térmica oceánica tiene la ventaja de estar disponible los 365 días del año y las 24 horas del día ya que no está relacionada con los grandes procesos climatológicos. Los principales inconvenientes son: rendimiento teórico máximo de Carnot muy bajo (inferior al 8%); el interior de las tuberías es vulnerable a la incrustación de organismos marinos, lo que aumenta la resistencia y reduce el rendimiento; se requiere trabajo para bombear grandes cantidades de agua fría desde una relevante profundidad, constituyendo otra pérdida de energía.

Uno de los pioneros en investigar este tipo de energía fue el ingeniero químico francés Georges Claude, quien en la primera mitad del siglo XX realizó numerosas plantas experimentales en Bélgica, Cuba y Brasil. Desde entonces han sido numerosos los proyectos experimentales realizados principalmente en Hawaii, EEUU y en Japón.

Los proyectos experimentales más grandes y que actualmente se encuentran activos son la planta de Okinawa en Japón, construida en 2013 y la planta de Hawaii, inaugurada en 2015. Ambas tienen una capacidad instalada de 100 kW.

## Gradiente de salinidad

La energía del gradiente salino se produce cuando se mezclan dos soluciones con diferente salinidad. Puede obtenerse principalmente en la desembocadura de los ríos en el mar, pero también a partir de las descargas industriales de salmuera.

Para extraer esta energía se han desarrollado dos métodos: ósmosis retardada por presión y electrodiálisis inversa. Ambos procesos utilizan membranas similares a las utilizadas para realizar ósmosis inversa y electrodiálisis.

En la osmosis retardada por presión, las soluciones con diferente salinidad se ponen en contacto a través de una membrana semipermeable, la cual permite el transporte del agua, pero impide el paso de sal. La diferencia de potencial químico entre ambas soluciones genera una fuerza motriz que hace que el agua se difunda desde la solución diluida hacia la solución concentrada, igualando la diferencia de potencial químico. Este transporte de agua causa un aumento en la presión de la solución concentrada que retarda en parte el flujo de agua a través de la membrana. Esta alta presión es aprovechada para generar electricidad con una turbina hidráulica convencional.

En electrodiálisis inversa, las dos soluciones con diferente salinidad son puestas en contacto a través de una serie alternada de membranas de intercambio aniónico y catiónico. Las primeras, contienen cargas positivas fijas y solo permiten el transporte selectivo de aniones hacia el ánodo, mientras que las segundas contienen cargas negativas fijas y solo permiten el paso selectivo de cationes hacia el cátodo. La diferencia de potencial químico entre las dos soluciones salinas es la fuerza motriz y genera una diferencia de voltaje sobre cada par de membranas. Los electrones liberados en el ánodo son transportados a través del circuito externo (conectado a una carga externa) hacia el cátodo. En el circuito interno de la pila, la carga es transportada por iones, mientras que, en el circuito externo, los electrones transportan la carga. La corriente iónica es convertida en corriente eléctrica por reacciones redox que ocurren en los electrodos en el lado exterior de la pila.

El principal inconveniente de estas tecnologías, es el desarrollo de las membranas, lo cual incide directamente en el costo y en la performance; actualmente la densidad energética de las membranas es como máximo  $2,7 \text{ W/m}^2$ , habiéndose conseguido densidades energéticas del orden de los  $14 \text{ W/m}^2$  en experimentos de laboratorio (Kempener y Neumann, 2014). Las plantas comerciales requerirían grandes cantidades de membranas (por ejemplo, una planta de 2 MW necesitaría por lo menos 2 millones de  $\text{m}^2$  de membrana, la cual deberá reemplazarse cada 5 años); otro inconveniente de importancia es la contaminación biológica de la membrana debido a la materia orgánica presente en el agua (Kempener y Neumann, 2014).

De ambas tecnologías se han construido plantas piloto para investigación y desarrollo.

La primera y única planta prototipo de energía osmótica del mundo fue instalada en Tofte, Noruega por la empresa Statkraft. Consistía de 66 tubos de presión, una turbina hidráulica, un intercambiador de presión y unidades de pretratamiento para las corrientes de agua entrantes. Las tuberías de presión tenían aproximadamente  $2.000 \text{ m}^2$  de membranas enrolladas en el interior. Entró en funcionamiento a fines de 2009 y estaba diseñada para operar a una capacidad de 10 kW con una membrana inicial de  $1 \text{ W/m}^2$  de densidad energética. Solo se obtuvo un rendimiento del orden de los 4 o 5 kW y en 2012 la empresa suspendió el proyecto.

Una planta piloto con tecnología de electrodiálisis inversa fue instalada en Afsluitdijk, Países Bajos, por la empresa REDStack junto con los fabricantes de membrana Wetsus y Fujifilm. La planta de 50 kW, consta de  $400 \text{ m}^2$  de membrana y toma el agua dulce del lago IJssel y el agua salada del Mar de Wadden. Entró en funcionamiento a finales de 2013.

## EL POTENCIAL EN ARGENTINA

El potencial mareomotriz, undimotriz y de corrientes marinas del Mar Argentino son extraordinarios, tal es así que muchos especialistas del tema lo califican como uno de los mejores del mundo, siendo superior a los recursos energéticos solar y eólico. Dado que a lo largo del litoral marítimo argentino desembocan numerosos ríos caudalosos, existe también un gran potencial para el aprovechamiento de la energía del gradiente salino.

La amplitud de las mareas a lo largo de la costa patagónica argentina se ubica entre las cuatro más grandes del mundo alcanzando valores de hasta 12 m en la provincia de Santa Cruz. Los sitios de mayor potencial para el aprovechamiento de la energía mareomotriz y corrientes mareales son: San Julián, Puerto Santa Cruz, Puerto Deseado y Río Gallegos en Santa Cruz, los golfos Nuevo y San José, en Chubut y Río Grande en Tierra del Fuego (GEMA, 2018).

Buono *et al.* (2016) realizaron estudios para estimar el potencial de generación de energía eléctrica a partir de las corrientes de marea en el estuario de Río Gallegos. El análisis hidrodinámico y morfológico mediante modelación numérica y validado con mediciones campo, arrojó como resultado que la potencia media anual generada por los flujos de marea es de 67 MW y la generada por los reflujos es de 61 MW. Teniendo en consideración los tiempos de los ciclos de marea, estimaron un flujo anual de energía de 470 GWh y teniendo en cuenta las limitaciones ambientales para la extracción (aplicando un factor del 15%) estiman unos 70 GWh anuales como valor nominal de referencia.

Investigadores del Laboratorio de Hidráulica del Instituto Nacional del Agua (INA LHA, 2020) realizaron estudios hidrodinámicos mediante modelación numérica, para determinar el potencial energético de las corrientes de marea en cinco estuarios patagónicos donde las amplitudes máximas de marea van de los 6,18 m a los 13,07 m y amplitudes medias en el rango de 4,34 a 8,37 m. Estos son, de los ríos Deseado, Santa Cruz, Coyle y Gallegos en la provincia de Santa Cruz y del río Grande en la provincia de Tierra del Fuego (Figura 6). A continuación, se resumen los resultados obtenidos:

- **Estuario del río Santa Cruz:** Presenta flujo reversible con valores medios anuales de velocidad del orden de 1 m/s, alcanzando valores máximos de hasta 3 m/s en la entrada del estuario. En el interior del estuario hay unas 107 hectáreas que cuentan con más de 10 MWh/m<sup>2</sup>/año, con zonas puntuales que alcanzan los 13 MWh/m<sup>2</sup>/año.
- **Estuario del río Coyle:** La velocidad media anual es de 1,63 m/s en ambos sentidos de la corriente, presentando valores máximos de hasta 5 m/s. Unas 101 hectáreas poseen una energía disponible superior a los 10 MWh/m<sup>2</sup>/año, de los cuales 61 hectáreas poseen un valor superior a 15 MWh/m<sup>2</sup>/año.



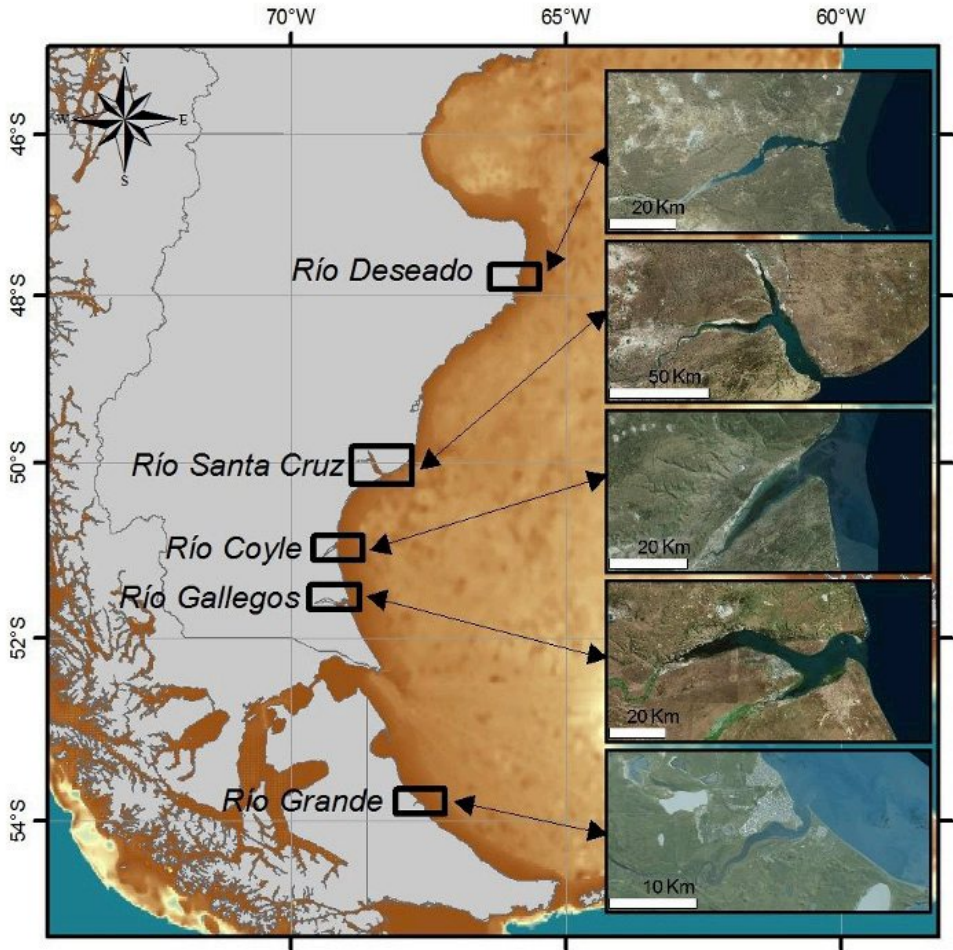
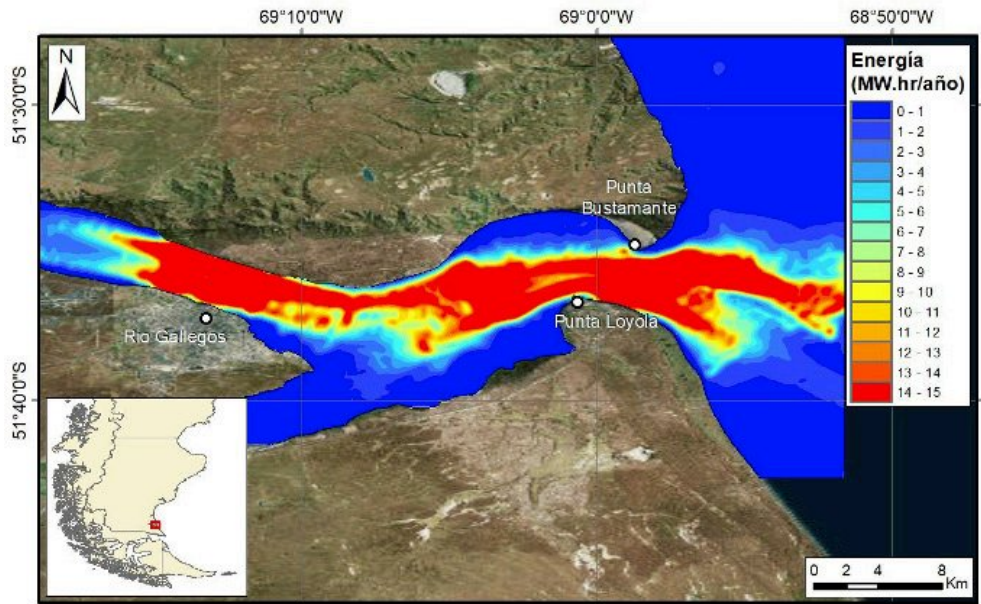


Figura 6. Ubicación de los estuarios patagónicos Fuente: INA LHA (2020).

- **Estuario del río Deseado:** Se alcanzan velocidades medias anuales superiores a 1 m/s y máximas de hasta 4,6 m/s. Se obtuvieron casi 100 hectáreas de más de 15 MWh/m<sup>2</sup>/año, casi 41 hectáreas para el rango 24 – 25 MWh/m<sup>2</sup>/año y otras 34 hectáreas para el rango 20 – 21 MWh/m<sup>2</sup>/año.
- **Estuario del río Grande:** se alcanzan velocidades medias del orden de los 1,3 m/s. Se obtuvieron unas casi 26 hectáreas con valores superiores a los 13 MWh/m<sup>2</sup>/año y 15 hectáreas con valores superiores a los 15 MWh/m<sup>2</sup>/año.
- **Estuario del río Gallegos:** Es el sitio más interesante, tanto por su elevado potencial como por contar con profundidades adecuadas que permitirían



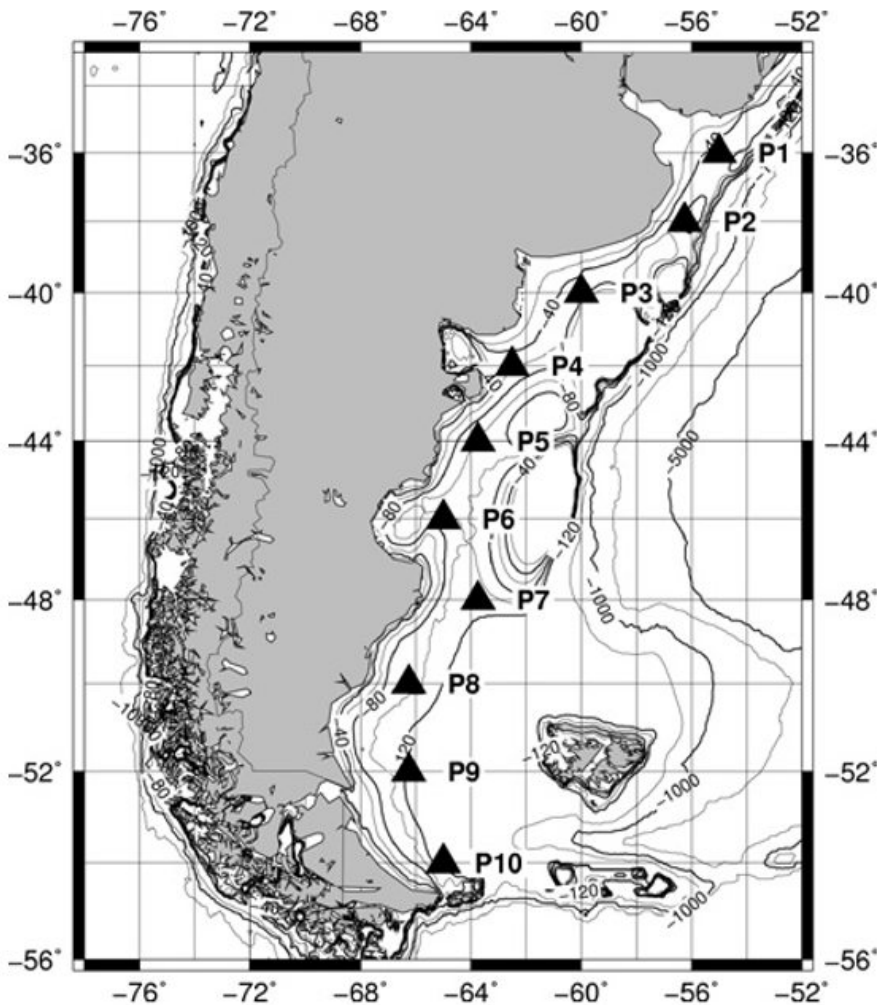
**Figura 7.** Energía media anual por metro cuadrado de sección transversal a la corriente de marea en el estuario del río Gallegos. Fuente: INA LHA (2020).



**Figura 8.** Mapa mundial de energía undimotriz expresada en kW/m elaborado con datos del Directorio Europeo de Energías Renovables. Fuente: Pelissero et al. (2011).

la utilización de generadores de gran envergadura. Existen unas 5.000 hectáreas con un potencial energético superior a los 15 MWh/m<sup>2</sup>/año, de las cuales, unas 865 hectáreas superan los 20 MWh/m<sup>2</sup>/año y alrededor de 80 hectáreas superan los 26 MWh/m<sup>2</sup>/año (Figura 7).

Otra forma de energía marina abundante en las costas argentinas es la undimotriz. Según estudios internacionales, el potencial undimotriz offshore teórico de nuestro mar varía entre los 29 kW/m a 97 kW/m de frente de onda (Figura 8) (Pelissero *et al.*, 2011). Como se observa de la Figura 8, la zona sur del país



**Figura 9.** Ubicación de los puntos de análisis del potencial undimotriz en el mar austral de la República Argentina. Fuente: Das Neves Guerreiro y Chandare (2010).



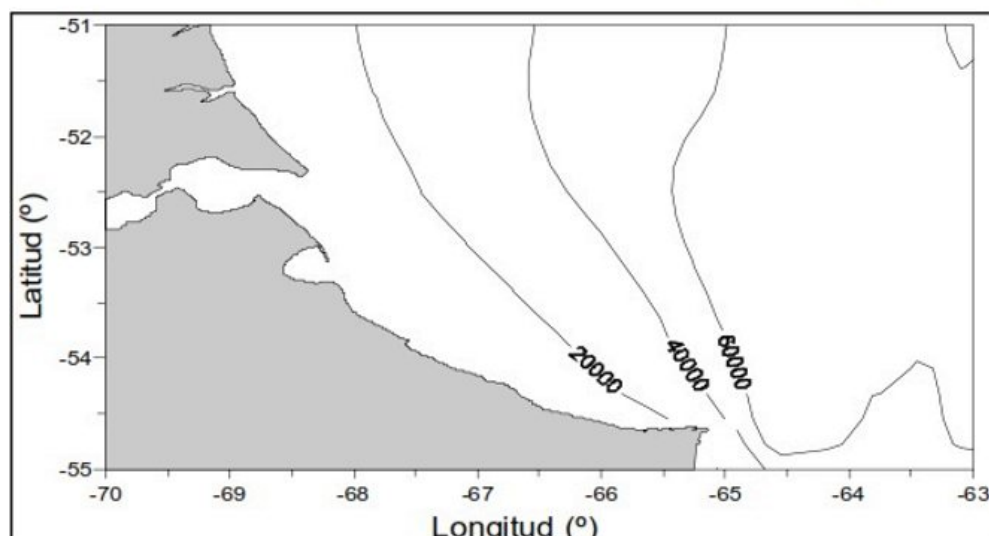
es donde se tiene mayor posibilidad de obtener energía de las olas con valores importantes.

Das Neves Guerreiro y Chandare (2010) realizaron una primera caracterización del recurso undimotriz en aguas profundas a lo largo del litoral continental argentino, desde los 36° S hasta los 54° S, utilizando 10 años (1998-2007) de información de reanálisis histórica proporcionada por el modelo Wavewatch III de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) de Estados Unidos. Tomaron la información de 10 puntos ubicados en aguas abiertas a una profundidad aproximada de 100 m y con una separación en latitud de 2° (Figura 9).

Los resultados arrojaron una potencia media de 11,2 kW/m en profundidades de 100 m aproximadamente y de 3,8 kW/m en las cercanías de la costa, existiendo una importante variación estacional, dado que en los meses de invierno la potencia promedio fue del orden del doble que en los meses de verano (14,1 kW/m en julio y 8,3 kW/m en enero).

Un estudio sobre el potencial undimotriz en Tierra del Fuego (Lifschitz y Dragani, 2013), determinó que la potencia disponible mar adentro (a más de 100 km de la costa) es mayor a 60 kW/m, mientras que cerca de la costa, la potencia

### Potencia undimotriz media (W/m) en Tierra del fuego



**Figura 10.** Potencia media undimotriz en Tierra del fuego expresada en W/m. Fuente: Lifschitz y Dragani (2013).

teórica es inferior a 20 kW/m, con una distribución regular a lo largo de todo el año (Figura 10).

En la provincia de Buenos Aires, Lanfredi *et al.* (1992) calcularon la potencia undimotriz en cinco lugares a lo largo de la costa bonaerense, utilizando información de varias fuentes: Mar de Ajó y Pinamar, 10 años de información proveniente de un programa de observaciones visuales; en Punta Médanos se realizó un seguimiento de 4 años por medio de un acelerómetro fondeado a 12 m de profundidad; en Mar del Plata se utilizó un año de datos de un sensor de presión situado a 11 m de profundidad y en el puerto de Quequén de Necochea, un año

**Tabla 1.** Promedios anuales de potencia undimotriz media y máxima de cinco lugares de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: Lanfredi *et al.* (1992)

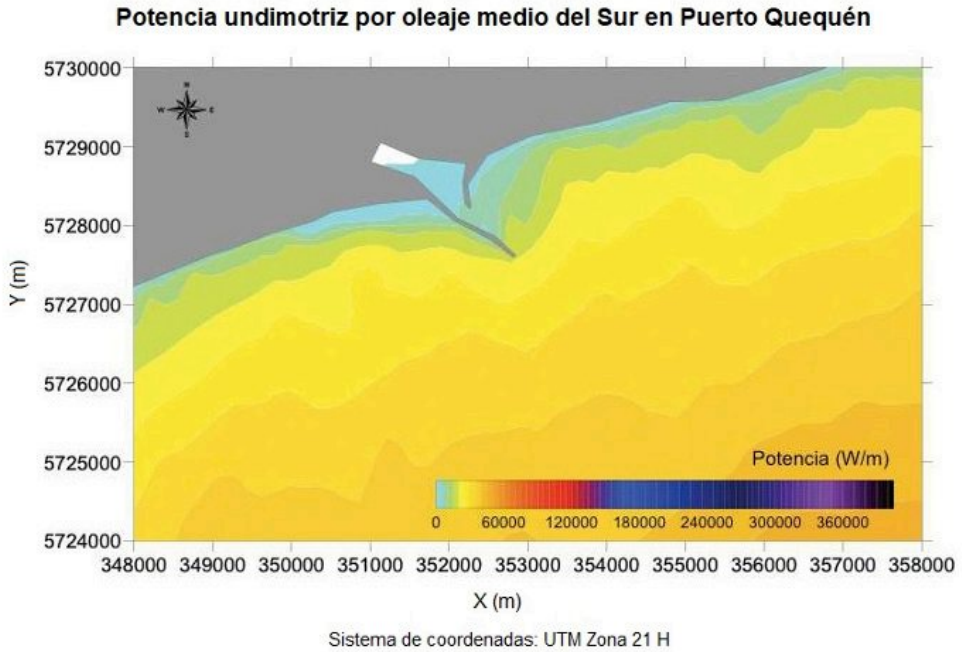
Lugar	Energía de las olas (kW/m)	
	Media	Máxima
Mar de Ajó	2,3	8,2
Punta Médanos	5,5	69,0
Pinamar	4,2	18,5
Mar del Plata	4,3	34,2
Puerto Quequén	7,5	61,3

de datos de un sensor de presión situado a 7 m de profundidad. En los resultados obtenidos, el promedio anual aumenta hacia el sur, desde los 2,3 kW/m en Mar de Ajó hasta los 7,5 kW/m en Puerto Quequén. Los mayores máximos medios anuales se obtuvieron en Punta Médanos y Puerto Quequén, 69 kW/m y 61,3 kW/m respectivamente (ver Tabla 1).

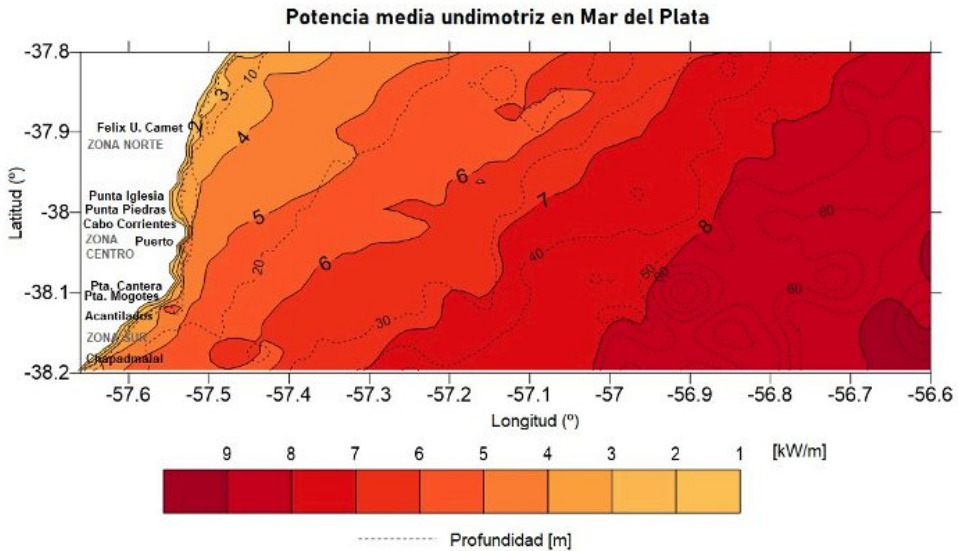
Estudios más recientes han estimado el potencial undimotriz en Puerto Quequén, Necochea (Gyssels *et al.*, 2016) y en Mar del Plata (Carreras *et al.*, 2021) mediante simulación numérica utilizando el modelo SWAN (*Simulating WAVes Nearshore*).

En Quequén, la potencia media en el lado este del dique de abrigo del puerto oscila entre 10-20 kW/m con dirección del oleaje medio del Sur (Figura 11) y entre 2-6 kW/m con dirección del oleaje medio del Este-Noreste; los oleajes





**Figura 11.** Potencia por oleaje medio del Sur en Puerto Quequén expresada en W/m (calculada con formulación de aguas someras). Fuente: Gyssels et al. (2016).



**Figura 12.** Potencia media undimotriz en Mar del Plata expresada en kW/m. Fuente: Carreras et al. (2021).

máximos medios generarían una potencia de entre 40-80 kW/m por oleajes del Sur y entre 20-40 kW/m por oleajes del Este-Noreste.

En Mar del Plata (Figura 12), la potencia media obtenida en aguas profundas (80 m) fue de 8 kW/m, existiendo variación estacional (7 kW/m en primavera y 11 kW/m en invierno). Las potencias aprovechables (más de 5 kW/m) más cercanas a la costa se obtienen al Sur del puerto a 5 km de distancia de la costa. La situación menos energética se da en primavera con dirección de oleaje Este-Noreste ya que las potencias aprovechables están disponibles a distancias de aproximadamente 11 km de la costa. Los *swells* procedentes del Sur proveen las mejores potencias (más de 5 kW/m cerca de la costa y 18 kW/m en aguas profundas) pero se determinó una ocurrencia de este tipo de oleaje de solo el 13%.

## PROYECTOS EN ARGENTINA

El interés por el aprovechamiento de las energías marinas en Argentina se remonta a principios del siglo XX cuando se estudió la posibilidad de aprovechar la energía mareomotriz en la provincia de Chubut. Durante todo el transcurso del siglo XX han sido elaborados numerosos proyectos para el aprovechamiento de energía mareomotriz, sin embargo, hasta la actualidad ningún proyecto fue concretado, principalmente por razones económicas. También existieron preocupaciones por el potencial impacto ecológico por tratarse de zonas de procreación de ballenas y otros mamíferos marinos. Particularmente, la Península Valdés ha sido declarada Área Natural Protegida en el año 1983 por la Ley Provincial 4722 y en 1999 ha sido declarada Patrimonio de la Humanidad por la Unesco.

En el siglo XXI ha surgido un renovado interés en las energías marinas, principalmente por parte del sector académico, lo cual se ha traducido en la elaboración de nuevos proyectos y en la formación de grupos de investigación para el estudio del recurso, la divulgación y el desarrollo de tecnología nacional.

La Universidad Tecnológica Nacional (UTN) está trabajando en dos proyectos: la Facultad Regional de Buenos Aires está trabajando en el desarrollo tecnológico de un convertidor undimotriz y la Facultad Regional Santa Cruz participa en el proyecto EREMPA de la empresa Y-TEC que tiene como objetivo el estudio del potencial de energía hidrocínética y mareomotriz de las costas del Sur de la Provincia de Santa Cruz.

La Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA) tiene proyectos de investigación en energía undimotriz, mareomotriz y corrientes en la Unidad Académica Caleta Olivia, provincia de Santa Cruz.

## Proyecto de energía undimotriz de la UTN Facultad Regional Buenos Aires<sup>1</sup>

Durante más de 10 años de trabajo ininterrumpido la UTN.BA ha desarrollado un dispositivo convertidor de energía undimotriz en energía eléctrica (Pelissero *et al.*, 2020). El proyecto iniciado en 2009, lleva construidos dos prototipos, el primero en escala 1:20 y el segundo en escala 1:10, este último fue probado en



**Figura 13.** *Equipo a escala 1:10 en el canal de olas del INA. Fuente: Pelissero et al. (2020).*

el canal de olas del Instituto Nacional del Agua (INA) en Ezeiza, sometiéndolo a diversas condiciones de ondas (Figura 13). Actualmente el equipo de investigación trabaja en el refinamiento del diseño para la construcción de un prototipo a escala real y su instalación en una escollera de la costa bonaerense.

Este proyecto fue pensado para la creación de parques marinos para el aprovechamiento de la energía undimotriz, los cuales constarían de varios dispositivos convertidores y se ubicarían a distancias medias de la costa (Figura 14). El traslado de la energía se realizaría mediante un cableado submarino hasta la estación de transformación y distribución situada en tierra.

El convertidor cuenta con boyas que capturan el movimiento ondular del mar que ingresa a una cadena cinemática que transforman el lento movimiento de ascenso y descenso de las boyas en un rápido desplazamiento giratorio uniforme que acoplado a un generador produce energía eléctrica. Las boyas son de acero naval huecas cuyo peso y medidas puede ser variables. Según las dimensiones del equipo la potencia generada podrá variar entre 30 a 100 kW por boya.

El aspecto diferencial respecto de otras tecnologías con sistemas de boyas es que en este dispositivo la conversión energética se basa en una cadena cinemática de engranajes y mecanismos y su conexión directa con el generador; no se utilizan fluidos, pistones ni turbinas. El equipo puede ser instalado a distancias



**Figura 14.** Ilustración de un parque marino de convertidores undimotrices. Fuente: Pelissero et al. (2020).



cercanas o medias de la costa tanto en una plataforma o mediante su instalación en una columna o en estructuras existentes en la costa como escolleras y muelles

El impacto ambiental (Jauregui *et al.*, 2017) de esta tecnología es muy bajo, los impactos negativos se dan principalmente durante la etapa constructiva y durante su desmantelamiento. En la etapa de funcionamiento, el impacto más relevante (moderado) es la afectación del paisaje. El dispositivo no perturba la flora ni la fauna marina durante su funcionamiento, no requiere el uso de combustibles fósiles ni genera contaminación sonora. Incluso la instalación de parques actúa como moderador de la erosión costera causada por las corrientes marinas además de establecer sitios de colonización tanto de la flora como de la fauna marina.

## Proyecto EREMPA (Estudio del Recurso Energético Marino en la Patagonia Austral)

El Proyecto EREMPA pertenece a la empresa YPF Tecnología (Y-TEC), la cual tiene como aliada estratégica a la Facultad Regional Santa Cruz de la UTN para la ejecución del mismo. El proyecto iniciado en 2013, se propone el estudio del potencial de las costas del Sur de la Provincia de Santa Cruz para dos tipos de energía marina: hidrocinéctica y mareomotriz, así como la construcción de prototipos de pequeñas centrales para aprovechar esas fuentes de energía y recabar información sobre su disponibilidad técnica.

El objetivo principal del Proyecto es determinar la factibilidad futura de emprendimientos que aprovechen estas energías. Para ello se enfoca en la adquisición de datos mediante campañas de medición en el mar.

Los equipos que posee EREMPA para la realización de las campañas de medición son:

- Boya AXYS: mide presión atmosférica y amplitud, viento (dirección y velocidad), dirección y perfil de las olas, humedad relativa y temperatura, entre otros.
- Boya OCEANOR Wavescan: mide corrientes marítimas y características del oleaje presente (amplitud, dirección y perfil), dirección y velocidad del viento, presión atmosférica, temperatura y humedad. Está adaptada para condiciones climáticas severas.
- Perfilador de corrientes por efecto Doppler marca NORTEK
- Vehículo autónomo marino no tripulado Wave Glider SV3: equipado con una computadora central a la cual se conectan los distintos instrumentos: ADCP (perfilador de corrientes por efecto Doppler); Sensor de Ondas (mide



su altura y dirección); estación meteorológica (mide temperatura ambiente, presión atmosférica, velocidad y dirección del viento, humedad relativa). Obtiene la propulsión a través de la energía de las ondas, con una autonomía de hasta 1 año.

## Proyecto de la Universidad Nacional de la Patagonia Austral

En la Unidad Académica Caleta Olivia han trabajado en la estimación del recurso undimotriz y de corrientes, en la construcción de un banco de pruebas y en el desarrollo de modelos de convertidores para aprovechar ambos tipos de energía.

El banco de pruebas diseñado consta con dos canales de ensayos hidrodinámicos, uno para energía de corrientes y otro para ondas. El primero dispone de una bomba de circulación con velocidad de fluido variable de hasta 4 m/s. El canal de ondas tiene un sistema de batido del agua para producir ondas de amplitud y periodo variable.

Los modelos de convertidores diseñados son una turbina sumergida para corrientes y un tubo electromecánico basculante flotante con imanes permanentes de Ne-Fe-Bo y solenoides de inducción como convertidor de energía undimotriz.

El lugar elegido de estudio es Caleta Paula, en la provincia de Santa Cruz, a 3,5 km de Caleta Olivia. La amplitud de mareas máxima en este sitio es de 5,6 m, la velocidad de corrientes es de 2,6 a 3,08 m/s y la potencia media undimotriz se ha estimado en 7,38 kW/m (Labriola y Peralta, 2012).

## Catálogo GEMA

El catálogo GEMA (1<sup>ra</sup> Ed. 2014 y 2<sup>da</sup> Ed. 2018) realizado por el Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino, es un inventario referido a energías marinas el cual compila estudios, iniciativas y proyectos de Argentina y del mundo. Se proyecta la publicación de la 3ra edición para el año 2022.

## CONCLUSIONES

Varios gobiernos y empresas del sector energético están apostando al desarrollo de las energías renovables marinas como una opción prometedoras para la generación de energía libre de emisiones contaminantes y contribuir a la reducción del uso de combustibles fósiles.

Las tecnologías se encuentran en distintos grados de desarrollo, numerosas plantas piloto han demostrado la viabilidad del aprovechamiento de las ener-

gías del mar en todas sus formas. Si bien la mayoría de las instalaciones son experimentales, existen algunas plantas que proveen energía eléctrica a poblaciones cercanas. Además, tanto en Europa como en EEUU y Asia hay numerosos proyectos en desarrollo.

Al igual que ha ocurrido con otras energías renovables, como la energía solar y eólica, los costos de instalación y operación de las plantas de energías marinas irán decreciendo paulatinamente a medida que las tecnologías se vayan perfeccionando y sus componentes se puedan producir en grandes escalas.

La República Argentina tiene un litoral marítimo muy extenso con un gran potencial energético y por lo tanto ofrece muchas alternativas para el desarrollo de ese recurso: los primeros pasos referidos a la medición del recurso fueron dados, ahora nos queda desarrollar tecnología para su aprovechamiento; es fundamental la construcción de prototipos y plantas piloto con el objetivo final de perfeccionar y afianzar una tecnología genuinamente nacional elaborada a partir de recursos propios para finalmente la construcción de instalaciones comerciales de gran escala. La identificación precisa de los sitios con mayores potenciales, respaldado por datos de mediciones in situ serán favorables para captar inversiones del sector privado tanto nacional como internacional.

La República Argentina debe aumentar la generación de energías renovables, para dar cumplimiento al compromiso establecido formalmente de alcanzar para el año 2025 el 20% de energía eléctrica generada a partir de fuentes renovables. Las energías marinas son una opción interesante para diversificar la matriz energética que además de los beneficios ambientales, permitirán lograr beneficios socio-económicos debidos a la creación de nuevas fuentes de trabajo asociadas al desarrollo de una nueva industria y su cadena de suministros.

El desarrollo de las energías marinas tiene impacto positivo en 4 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) promovidos por la Organización de Naciones Unidas (ONU). Impacta de forma directa en los objetivos 7 (energía asequible y no contaminante) y 9 (industria, innovación e infraestructura) y de forma indirecta en los objetivos 8 (trabajo decente y crecimiento económico) y 11 (ciudades y comunidades sostenibles). El mar austral patagónico será el factor que brinde bienestar y progreso para todo ese sector continental de nuestro país ya que puede aportar la energía y a partir del agua de mar generar el agua potable para el mantenimiento de las actuales industrias y el desarrollo de nuevos emprendimientos en las numerosas poblaciones aisladas de nuestra costa.

La realidad es que estamos transitando una importante transformación en la reducción del uso de fuentes no renovables de energía y la utilización cada vez más frecuente de fuentes renovables; de tal forma tendrán especial preponderancia la tradicional hidroelectricidad acompañada por la energía eólica, fotovoltaica, los biocombustibles y la incipiente presencia de la geotermia y las energías provenientes del mar.

Esperamos que a la brevedad se pueda llevar a cabo el objetivo de “la generación de energía limpia a partir de tecnología enteramente nacional”.

## Glosario

**(W)** Watt. Unidad de potencia en el Sistema Internacional.

**(kW)** – kiloWatt (1000 Watt).

**(kW/m)** – kiloWatt por metro de frente de onda.

**(kW/m<sup>2</sup>)** – kiloWatt por metro cuadrado

**(MW)** – MegaWatt (1000 kW)

**(GW)** – GigaWatt (1000 MW)

**Offshore** – fuera de la costa es decir mar adentro

**Reacciones redox** – reacciones óxido-reducción o reacciones reducción-oxidación, son reacciones químicas en las que ocurre un intercambio de electrones entre las especies químicas involucradas.

## Referencias

Buono N., Zabaleta, F., Cáceres, R., Tomazin, N. y Cecotti, R. (2016). Estudio del recurso energético marino sobre el estuario del Río Gallegos. 3er Encuentro de Investigadores en Formación en Recursos Hídricos (IFRH 2016), Ezeiza.

Cavia del Olmo, B. (2009). Explotación del potencial de energía del oleaje en función del rango de trabajo de prototipos captadores. Tesina de grado no publicada, Universitat Politècnica de Catalunya. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/8720/00.pdf>

Carreras, G. A., Haim, P. A., Tomazin, N. y Pelissero, M. A. (2021). Estudio del potencial energético undimotriz de Mar del Plata mediante modelado SWAN. *Proyecciones*, 19 (1).

Das Neves Guerreiro, R. y Chandare, S. (2010). Caracterización del recurso undimotriz en el litoral marítimo argentino. *World Congress & Exhibition Engineering 2010 Argentina*.

Falnes, J. (2007). A review of waveenergy extraction. *Marine Structures*, 20, 185–201. doi:10.1016/j.marstruc.2007.09.001

GEMA. (2018) Catálogo Energías del Mar 2018. Academia del Mar, Grupo de Interés en Energías del Mar Argentino (GEMA), Buenos Aires.

Gyssels, P., Haim, P. A. y Pelissero, M. A. (2016). Estudio básico del potencial undimotriz en el litoral próximo al puerto de Quequén, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Proyecciones*, 14 (2), 47-67.

INA LHA (2020). Evaluación del potencial energético de las corrientes de marea en estuarios patagónicos mediante modelación numérica. INFORME 2 - Modelos numéricos y potencial energético. Proyecto INA 372. Informe LHA 02-372-18. Ezeiza, mayo de 2020.

Jauregui, J. M., Haim, P. A., Lifschitz, A. J. y Pelissero, M. A. (2017). Análisis de los efectos ambientales de la generación de energía undimotriz en el puerto Quequén, provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Proyecciones*, 15 (1), 23-50.

Kempener, R. y Neumann, F. (2014). IRENA Ocean Energy Technology Brief 2. International Renewable Energy Agency (IRENA).

Labriola, C. V. y Peralta, C. E. (2012). Análisis de sistema de convertidores fluidodinámicos de energía renovable para la Patagonia austral de Argentina. IC-TUNPA-40-2012. ISSN: 1852- 4516, 128-143.

Lanfredi, N., Pousa, J., Mazio, C. y Dragani, W. (1992). Wave-power potential along the coast of the province of Buenos Aires, Argentina. *Energy*, 17(11), 997-1006.

Lifschitz, A. J. y Dragani, W. C. (2013). Evaluación del potencial energético de las olas en la Plataforma Continental de Tierra del Fuego, Argentina. Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional.

Pelissero, M. A., Haim, P. A., Oliveto, G., Galía, F. y Tula, R. (2011). Aprovechamiento de la energía Undimotriz. *Proyecciones*, 9 (2), 53-65.

Pelissero, M. A., Haim, P. A., Gallo, F. y Tula, R. (2020). Actualización de las actividades del Proyecto Undimotriz. Diez años de desarrollo en el sector energético marino. *Proyecciones*, 18 (2), 27-42.

Twidell, J., y Weir, T. (2006). *Renewable Energy Resources* (Segunda ed.). Abingdon, Oxon, Reino Unido: Taylor & Francis.

## Nota

<sup>1</sup> <https://undimotriz.frba.utn.edu.ar/>

## CAPÍTULO 13

### Un acercamiento al potencial eólico de la Patagonia

**Roberto D. Jones**

Geógrafo (graduado en UNPSJB-Tw).  
Personal de la Subsecretaría de Energía de Chubut.

robertodanieljones@gmail.com

**Palabras clave:** *Energía eólica, potencial, infraestructura eléctrica, legislación, perspectivas.*

**Keywords:** *Wind power, wind potential, electrical infrastructure, legislation, development, prospects.*

***Al entrañable Héctor F. Mattio,  
uno de los mayores impulsores de la Energía Eólica en Argentina***

#### Resumen

El presente artículo plantea un panorama amplio del desarrollo de la energía eólica en Patagonia, repasando la cuestión ambiental donde se encuentra la base de la disponibilidad del recurso hasta las condiciones de infraestructura, tecnología, legislación y políticas públicas que han permitido llegar hasta la potencia instalada actual. También se mencionan las condiciones que se consideran mínimamente necesarias para poder continuar creciendo en la utilización del viento con fines energéticos.

Básicamente Patagonia cuenta con uno de los mejores recursos eólicos del mundo, pero su aprovechamiento mayormente se ha comenzado a producir en las últimas décadas. Los primeros antecedentes de generación eléctrica para uso público datan de finales de la década del 80, en el poblado de Río Mayo, Chubut, de la mano del Centro Regional de Energía Eólica y el Gobierno del Chubut. Allí comenzó un largo camino de investigación, desarrollo, avances y retrocesos que han llevado a los actuales 1327MW de potencia instalada en la actualidad en toda Patagonia, donde los últimos diez años destacan por la conjunción de los principales factores necesarios para el desarrollo de la actividad: disponibilidad



de viento y sitios apropiados, investigación y conocimiento del recurso, existencia de infraestructura de transporte eléctrico, políticas públicas favorables, entre otros. Actualmente la actividad se encuentra sobre todo ante la necesidad de ampliar la capacidad de transporte eléctrico, para poder continuar creciendo, sin descuidar los demás factores.

## Abstract

### An approach to the wind potential of Patagonia

This article shows a broad overview of the development of wind power in Patagonia, reviewing the environmental characteristics from where the basis of resource availability is found, up to the conditions of infrastructure, technology, legislation and public policies, that have allowed reaching to the installed power. Conditions that are considered minimally necessary to continue growing in the use of wind for energy purposes are also mentioned. Patagonia basically has one of the best wind resources in the world, but its use has mostly begun to take place in recent decades. The first antecedents of electricity generation for public use date back to the late 1980s, in the town of Río Mayo, Chubut, with the Centro Regional de Energía Eólica Institute and the Government of Chubut. There began a long path of research, development, advances and setbacks, which have led to the 1327 MW of power installed today throughout Patagonia. The last ten years stand out for the conjunction of main factors necessary for the activity development: availability of wind and appropriate sites, research and knowledge of the resource, existence of electric transport infrastructure, and favorable public policies, among others. Currently, the activity is mainly faced with the requirements to expand transmission capacity, in order to grow, without neglecting the other factors.

## INTRODUCCIÓN

Las particularidades que presenta el ambiente en cada región del planeta, definen la presencia de distintas fuentes de energía renovable con mayor o menor posibilidad de aprovechamiento. La Patagonia en su conjunto, dada su vasta extensión latitudinal, su variedad de paisajes y particularidades climáticas, presenta distintos sectores donde el recurso solar, el biomásico, el geotérmico, el mini hidráulico e incluso el recurso mareomotriz ofrecen un potencial muy interesante y, en ciertos casos, con un desarrollo incipiente hasta intenso en lo que a su utilización se refiere. Pero el recurso energético renovable con mayor potencial y con el más amplio aprovechamiento en la actualidad es el eólico.

Tal como se ha mencionado, la amplia extensión latitudinal patagónica hace que en las provincias de Neuquén, Río Negro y el sector centro norte de Chubut, las posibilidades de utilización de la energía solar en sus diferentes modalidades, resulte de interés. Esto particularmente en la Patagonia extra andina, también conocida como Patagonia árida.

En la Patagonia Andina el mayor potencial, aunque aún sin un amplio desarrollo, queda representado por la gran cantidad de ríos y arroyos permanentes, portadores de un recurso mini hidráulico aún con mucho por estudiar. Además este sector de nuestro país es testigo, particularmente en la provincia del Neuquén, de distintas experiencias de generación de energía geotérmica que han permitido mostrar la factibilidad del uso de esta fuente.

Las costas patagónicas se caracterizan por extensas playas flanqueadas por altos acantilados y diferencias intermareales que denotan un horizonte favorable para la explotación de energía mareomotriz y de las olas, el cual es otro recurso sobre el que aún se conoce muy poco.

La energía eólica, por su parte, se encuentra desarrollada en todas las provincias patagónicas, en diferentes escalas de potencia y desde hace ya más de tres décadas. Se destaca un área de muy alta concentración de potencia instalada en el corredor que une las ciudades de Trelew y Puerto Madryn. Asimismo, cabe destacar que la provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur cuenta con un proyecto experimental que ya ha instalado una turbina de baja potencia (30KW), pero que queda fuera del Sistema Argentino de Interconexión (SADI) debido al aislamiento geográfico de la Isla.

El desarrollo de la energía eólica en esta región de Argentina no ha sido fortuito sino que ha estado estrechamente ligado inicialmente a diferentes marcos normativos e institucionales que han favorecido la investigación del recurso y las primeras propuestas de proyecto. Un ejemplo de ello fue la creación del Centro Regional de Energía Eólica (CREE) en Chubut, en el año 1985. Pero también ese desarrollo ha estado condicionado por la falta de infraestructura requerida particularmente por las explotaciones comerciales de alta potencia. No obstante ello y en virtud del trabajo realizado particularmente en la provincia del Chubut las experiencias con generación eléctrica de origen eólico en baja potencia (en el orden de 1kW) resultan destacables, sobre todo a partir de la década de 1990.

Pero si algo ha marcado el devenir del aprovechamiento de esta fuente energética en la región y en el país, han sido siempre la limitada infraestructura eléctrica para el transporte de la energía generada y la falta de políticas que sean capaces de sostenerse en el tiempo, independientemente de los gobiernos que dirijan los destinos del Estado Nacional, y que fueran capaces de instalar no solo las condiciones favorables para explotar el recurso en sí, sino también las bases para el desarrollo de la industria asociada, con todos los beneficios sociales y económicos que de ello se derivan.

Sobre esto hablará brevemente este artículo, con el propósito de introducir al lector acerca de cómo ha sido la historia del desarrollo eólico en Patagonia, a partir de las condiciones ambientales, infraestructurales y normativas que lo han ido permitiendo.

## **LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE PATAGONIA: UNA DE LAS CLAVES DE SU POTENCIAL EÓLICO.**

No caben dudas de que la radiación solar, en cuanto motor energético del sistema climático terrestre, se encuentra en el origen de todas las fuentes de energías renovables, a excepción claro, de la energía geotérmica de alta y muy alta entalpía proveniente del calor del interior terrestre.

La radiación solar provee de energía al ciclo del agua que mediante la escorrentía origina la energía hidráulica en todas sus formas. Es también la energía que insuena las plantas para producir la fotosíntesis por lo cual está en la génesis de la energía de la biomasa. Produce las variaciones térmicas en la superficie que, además de la energía geotérmica de muy baja entalpía producto de las particularidades que tiene la conducción de calor en profundidad, provoca al alterar la densidad del aire, los campos de presión atmosférica a partir de los cuales se origina el viento (y con éste las olas) y en consecuencia la circulación general de la atmósfera.

Es en este marco de la circulación global donde debemos posicionarnos para comprender el primer factor del desarrollo eólico en Patagonia: la abundante disponibilidad de viento.

Situada entre los paralelos de 37°S y 55°S aproximadamente, esta región se encuentra en el ámbito pleno de los vientos del oeste, particularmente de los provenientes del anticiclón del Pacífico Sur. Es por ello que más allá de las particularidades locales que pueden actuar como factores condicionantes del clima de cada lugar, en cualquier parte de la Patagonia el viento predominante proviene del cuadrante oeste (suroeste, oeste, noroeste y los rumbos intermedios), representando alrededor del 65% y 75% de las observaciones diarias en el año. A su vez la marcada intensidad del viento en esta parte del mundo, radica en la permanencia del citado anticiclón y en las propias características de la distribución de tierras y océanos que, a diferencia del hemisferio norte, presenta el hemisferio sur. Sin adentrarnos en una detallada explicación de su dinámica, diremos que los vientos del oeste que reinan en Patagonia son el elemento climático principal, con valores medios de velocidad de entre 15 y 22 Km/h en el sector centro-oeste de la región. Las mayores velocidades se registran en primavera y principios del verano mientras que en invierno las velocidades registradas son las más bajas.

Los campos de vientos no son homogéneos en toda la región, lo que en términos de la industria eólica (y la investigación científica que la acompaña y respalda) se define como distintas clases de viento que favorecen el desarrollo de proyectos de alta potencia con tecnología acorde (molinos de determinada clase según el tipo de viento). También es un factor determinante para la instalación de pequeños aerogeneradores en cuanto requiere diferentes soluciones técnicas para que los mismos resistan su rigurosidad.

Las características del relieve y la cobertura del suelo determinan la complejidad y rugosidad del terreno respectivamente. Los terrenos quebrados, con abundancia de serranía u otros obstáculos topográficos generan que el flujo de aire que se desplaza por encima adquiera distinto grado de comportamiento turbulento lo cual incide en el tipo de tecnología que pueda usarse luego, ante el eventual desarrollo de un proyecto eólico. Del mismo modo la rugosidad del terreno incide en la fuerza de rozamiento del aire sobre la superficie, incrementando las diferencias de velocidad en el flujo laminar y aportando otros efectos, exigencias y cargas sobre un molino.

Entonces y de forma resumida, diremos que un factor muy importante en el desarrollo de la generación eólica de la Patagonia está dado por sus condiciones ambientales favorables, particularmente en el sector extra andino.

## **RESEÑA DEL APROVECHAMIENTO EÓLICO EN PATAGONIA Y EN ARGENTINA: LA IMPORTANCIA DEL MARCO NORMATIVO.**

En la República Argentina y consecuentemente en Patagonia, la historia del aprovechamiento eólico para la obtención de energía eléctrica es reciente, y se ha escrito en estrecha relación con lo ocurrido al respecto en la Provincia del Chubut. En ésta tuvo una determinante incidencia la creación, como antes se mencionó en el año 1985, del Centro Regional de Energía Eólica mediante un convenio entre la Provincia del Chubut, la Universidad Nacional de la Patagonia y la Secretaría de Energía de la Nación. Esta organización interinstitucional perduraría hasta el año 1990, a partir del cual el CREE pasó a ser una institución plenamente provincial.

Entre sus objetivos fundantes se destacó concentrar el conocimiento sobre el tema eólico, realizar acciones para su aplicación, asesorar técnicamente en la materia, mantener un intercambio permanente de su información con otras entidades técnicas y científicas y capacitar a profesionales.

Así fue que en aquellos primeros años se llevaron a cabo importantes estudios y se realizaron las primeras redes de observación anemométrica en el territorio provincial, lo que junto a las gestiones que pudieron realizarse nacional e internacionalmente condujeron a la concreción del primer proyecto importante en el país: un sistema híbrido diesel- eólico, que se instaló en la localidad Chubutense de Río Mayo a finales del año 1989, en un desarrollo conjunto entre el CREE y la Dirección General de Servicios Públicos de la provincia, ya que esa central entregaría su energía a la red de distribución local.

Éste, con cuatro turbinas de 30 kW, fue el primer proyecto de conversión eólica instalado en Sudamérica para la prestación del servicio público de electricidad.



**Figura 1.** Pequeño aerogenerador en la aldea escolar Ñorquinco Sur, Chubut. Fte: Toma propia.



Vista parcial Parque eólico Antonio Morán. Noviembre de 2005.  
Fte: Toma propia.



Montaje de aerogenerador en Trelew.  
Abril 2013.  
Fte: Toma propia



Por entonces se esperaba que esta experiencia disparara el crecimiento de la actividad en el país, pero los problemas de disponibilidad técnica sobre todo, que aparecieron a partir del segundo año de operación y a pesar de haber cerrado un muy buen primer año de funcionamiento, hicieron que esas expectativas no se cumplieran.

Un lustro después, en 1994 y de la mano de las cooperativas eléctricas de Comodoro Rivadavia, en Chubut, primero y Cutral Có, en Neuquén meses después, se instalaron los primeros grandes equipos conversores de energía eólica, dando así inicio a un desarrollo importante de esta fuente en nuestro país. Cabe mencionar que las máquinas instaladas en Comodoro Rivadavia fueron dos equipos del fabricante danés MICON, de una potencia unitaria de 250 kW, mientras que el molino instalado en Neuquén, del mismo fabricante, fue de 400 kW. Por entonces la industria eólica a nivel mundial producía mayormente máquinas en ese orden de potencia.

Los rendimientos alcanzados por las turbinas de Comodoro Rivadavia fueron notables. El mismo año de su instalación batieron el record mundial de producción de una turbina de ese tamaño y su disponibilidad técnica superó el 95%. Con ello el interés por la actividad se proyectó a escala nacional.

La siguiente localidad en instalar un parque eólico en el país sería Punta Alta, en la Provincia de Buenos Aires, montando un equipo de 400 kW en Febrero de 1995, en el sitio denominado Balneario Pehuén Có. El mismo año, en la misma Provincia pero en la Ciudad de Tandil se montaron dos máquinas también de 400 kW, mientras que en Agosto del mismo año y en la Localidad de Pico Truncado, Santa Cruz se instalaron, en virtud de un convenio de cooperación entre los gobiernos de la Provincia y de Alemania, diez máquinas de 100 kW. Esta última Central Eólica pronto acusaría fallas y saldría prácticamente de operación, por lo que se tramitó su reemplazo. Las diez máquinas serían reemplazadas por cuatro molinos de 600 kW, que comenzaron a instalarse en el año 2001.

También para mediados de la década de 1990, la Provincia del Chubut por medio de distintos organismos públicos (CREE, Dirección de desarrollo social, Instituto provincial de la vivienda, la Dirección general de servicios públicos) llevó adelante los primeros programas de electrificación eólica en áreas aisladas de la interconexión eléctrica. Éstos estuvieron destinados a Aldeas Escolares (en Chubut existen muchos casos en que las escuelas rurales han favorecido pequeños asentamientos que originalmente eran habitados por las familias de los estudiantes) y también a pobladores rurales dispersos. Mediante los mismos se llegaron a instalar alrededor de 300 equipos de 600/700 Watts de potencia, destinados a mejorar la calidad de vida de pequeños productores y comunidades originarias, principalmente de la meseta central chubutense. El éxito de estos programas fue el antecedente a partir del cual hacia el año 2000 comenzó a desarrollarse el programa PERMER con tecnología eólica excepcionalmente

en Chubut (en las demás provincias fue fundamentalmente llevado a cabo con dispositivos fotovoltaicos), aunque el éxito no fue el esperado.

Hacia el año 1997, la Cooperativa de la Ciudad de Comodoro Rivadavia realizó la ampliación del Parque Eólico mediante la instalación de ocho máquinas de mayor envergadura que las existentes, con una potencia unitaria de 750 kW y del mismo fabricante. De esta manera la Provincia del Chubut pasó a contar con la mayor Central Eólica de Sudamérica, con 6,5 MW de potencia instalada.

Por su parte la cooperativa eléctrica de Rada Tilly, a escasos kilómetros al sur de la Ciudad de Comodoro Rivadavia decidió aportar al consumo energético local, mediante la instalación de un aerogenerador similar a los instalados en la vecina Ciudad, pero de una potencia de 400 kW. Era marzo de 1996 y el florecimiento de la actividad en el país era innegable.

En Setiembre de 1997, en Darregueira, Pcia de Buenos Aires, se instaló un aerogenerador de 750 kW, idéntico a los instalados en la ampliación de la Central de Comodoro Rivadavia. Al siguiente mes del emprendimiento de Darregueira, la Cooperativa Eléctrica y de Servicios de la localidad de Mayor Buratovich, de la misma provincia, emprendió la generación eólica mediante dos máquinas de 600 kW. En Diciembre de ese año, la Cooperativa de Punta Alta, también en Pcia de Buenos Aires, instaló tres molinos más de 600 kW, en el sitio denominado Bajo Hondo.

Un año después, en Diciembre de 1998, Claromecó (Pcia de Buenos Aires) instaló un molino de 750 kW. También esta obra se realizó gracias al esfuerzo de la cooperativa eléctrica local.

Toda esta actividad creciente ponía en evidencia la necesidad de organizar y fortalecer el marco normativo a nivel nacional. El mismo para el sector eléctrico en general estaba regulado por la Ley 24065 “Régimen de la Energía Eléctrica”, que desde el año 1992 tras las privatizaciones de las empresas públicas por parte del Gobierno Nacional había no solo segmentado en tres grandes partes al sector eléctrico (generación por un lado, transporte por otro y distribución como el tercero), condición que hasta la actualidad se mantiene, sino además había liberado ese mercado y generado las condiciones para la proliferación de actores privados en cada uno de esos sectores.

En ese contexto y en el año 1998, la Ley 25.019 “Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar” marcó un hito al declarar de interés Nacional la generación de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional.

De la mano de esta Ley surgieron las primeras políticas de promoción que buscaron favorecer el desarrollo de la generación a través de las citadas fuentes renovables, estableciendo medidas puntuales a tal fin:

- Pago diferido del impuesto al valor agregado (en su artículo 3<sup>ero</sup>).

- Remuneración específica a la generación eléctrica de origen solar y eólico (en su artículo 5<sup>to</sup>).
- Garantía de estabilidad fiscal durante un período de 15 años (en su artículo 7<sup>mo</sup>).

El devenir económico del país contribuyó a que estos aspectos, principalmente lo propiciado por el artículo 5<sup>to</sup> de esta Ley, pronto dejaran de ser beneficios consistentes para la actividad. De hecho quizá el aspecto más atractivo para posibles desarrolladores de proyectos en el marco de esa ley estaba en lo planteado en ese artículo, pero el rápido deterioro de la situación económica desarticuló rápidamente los posibles beneficios de los incentivos.

Para el año 2000 comenzaron a realizarse los estudios correspondientes para la ampliación de la Central Eólica de Comodoro Rivadavia, llamada Parque Eólico Antonio Morán (Fig. 1). Se proyectó la instalación de dieciséis nuevas máquinas de 750 kW, distribuidas en distintos sectores en torno a la ciudad. Esta obra comenzó a principios del año 2001, concluyéndose hacia finales del mismo año.

Estas experiencias significaron un auge que drásticamente fue truncado por la crisis económica y política de 2001. Ese año marcó un quiebre dado que no solo interrumpió la posibilidad de que se concretaran muchos proyectos que estaban prontos a iniciarse, sino que también frenó el intercambio de repuestos, recursos humanos y capacitación para el mantenimiento óptimo de los parques ya operativos. La actividad prácticamente se vio paralizada por los siguientes seis a ocho años.

## LA ACTUALIDAD, EL PASADO CERCANO Y EL FUTURO INMEDIATO.

Existen actualmente en Patagonia 1327 MW de potencia instalada, distribuidos en 34 parques eólicos de gran potencia entre las provincias de Neuquén, Río Negro, Chubut y Santa Cruz. Y es la provincia del Chubut la que cuenta con la mayor concentración de potencia instalada: 912,22 MW en 29 parques. Paradójicamente el sector sudeste de la misma, la cuenca del Golfo San Jorge, allí donde se inició con las primeras experiencias de grandes centrales eólicas a principios de los años 90, es el sector donde menor densidad de instalaciones existe. Ello tiene una explicación quizá simple y es el avance de la industria eólica durante los últimos 25 años hacia el desarrollo de máquinas para vientos de clase II y III, es decir diseñados para aprovechar mejor menores velocidades de viento y otras condiciones de turbulencia. Las clases de aerogeneradores (según la normativa IEC 61400-1), dependen de la velocidad del viento y los parámetros de turbulencia del lugar donde la máquina se instalará. Según dicha normativa se reconocen cuatro clases de aerogeneradores. Las tres iniciales (I, II y III) a partir de velocidades de referencia del viento a la altura del buje que van de 50 m/s

Clase de aerogenerador	I	II	III	S
$V_{ref}$ (m/s)	50	42,5	37,5	Valores a ser especificados por el diseñador
A $I_{ref}$	0.16			
B $I_{ref}$	0.14			
C $I_{ref}$	0.12			

para la clase I, 42,5 para la clase II y 37,5 para la clase III y diferentes niveles de intensidad de turbulencia (A, B y C) (Tabla 1). Además, se distingue la clase de aerogenerador S, definido a partir de valores de velocidad de referencia e intensidad de turbulencia específicos para un emplazamiento que no se ajusta a las características I, II ni III.

Donde A representa la turbulencia más alta, B la turbulencia media y C la más baja.

Como se mencionó, estos son parámetros básicos, incidiendo en el diseño muchos otros presentes en cada sitio.

Resulta que conforme la industria avanzó hacia máquinas más grandes y capaces de aprovechar vientos menos intensos y menos turbulentos, las condiciones ambientales e infraestructurales de la zona noreste del Chubut aparecieron como las óptimas.

Provincia	Potencia instalada (MW)	Cantidad de centrales
<b>Neuquén</b>	100	1
<b>Río Negro</b>	111,7	2
<b>Chubut</b>	989,3	31
<b>Santa Cruz</b>	126	2

Fuente: Sitio web diseñado por el Dr Federico Foieri (ren-argentina.com)

En relación a esto, diremos que el importante presente de la Energía Eólica en Patagonia debe comenzar a contarse a partir del año 2006. Por entonces sucedieron dos hechos de sustancial importancia para la actividad:

- Uno, la inauguración en Febrero del 2006, del tramo de LEAT (línea eléctrica en alta tensión) que unió al sistema interconectado Patagónico con el SADI. Se trató de 354 kilómetros de línea en 500 kV para interconectar la ET (estación transformadora) de Choele Choel con la nueva ET Puerto Madryn.

- Otro, la sanción de la Ley 26190 “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica”, el 23 de Setiembre de 2015.

El primero de los hechos venía a proponer una respuesta, aunque parcial, al histórico problema que ahogaba el desarrollo de la energía eólica en alta potencia en la región patagónica: la falta de una infraestructura eléctrica que asegurase el transporte de la energía que la región era capaz de generar. De hecho hasta ese momento el punto extremo sur del SADI era Choele Choel, y el sistema de interconexión patagónico tenía carácter de regional. Porque al margen del motivo por el cual el país incurre en sucesivas crisis energéticas, lo cierto es que el consumo masivo se encuentra altamente concentrado mientras que las posibilidades de generación se hallan dispersas en el territorio. Y en el medio el cuello de botella es el transporte.

El segundo hecho, la sanción de la Ley 26190 abre el juego a la participación de otras fuentes de energías renovables, y sobre todo propone mediante el establecimiento de plazos determinados, la modificación de la matriz de consumo eléctrico nacional.

Al establecer el objetivo de alcanzar un 8% del consumo nacional de electricidad mediante energías renovables a diez años (el horizonte resultó ser 2016), crear un fondo fiduciario para apoyar a la generación con energías renovables y establecer beneficios fiscales e impositivos a la actividad, se convirtió en el marco por medio del cual el Estado Nacional, a través de la Secretaría de Energía de la Nación emitiría diferentes instrumentos legales que dieron origen, entre otras acciones, al Plan Estratégico Nacional de Energía Eólica, al programa Genren, a la creación de la empresa ENARSA (empresa Energía Argentina Sociedad Anónima) y a la emisión de las primeras licitaciones públicas de compra de energía renovable por parte del Estado Nacional (Resoluciones 712/099 y Res 108/11).

En Setiembre de 2015, muy próximo a llegar el horizonte planteado por la ley 26190 para alcanzar el 8% de consumo renovable antes señalado, se produjo la sanción de la Ley 27191 “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía Destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación”. Como su título lo señaló, esta Ley introdujo cambios en el marco regulatorio que ya estaba definido en la Ley 26190. Entre los cambios más destacados

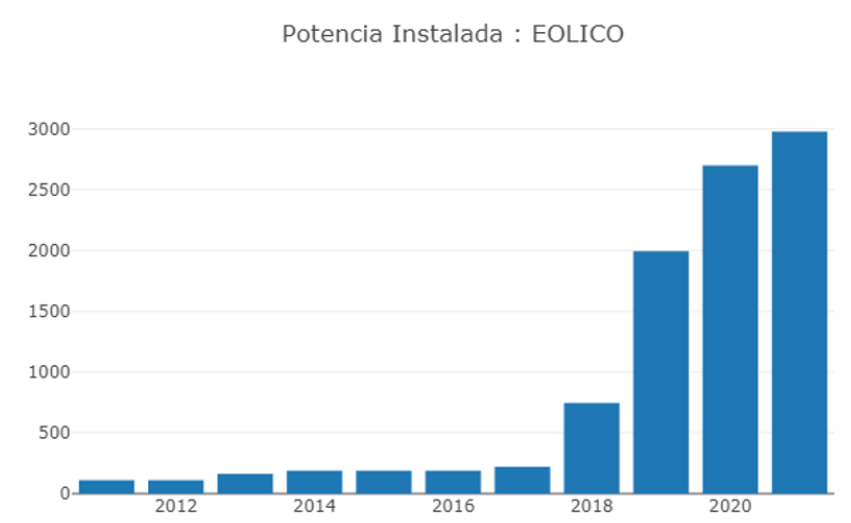


se puede mencionar que extendía hasta Diciembre de 2017 el plazo para alcanzar la contribución del 8% de renovables en el consumo de energía eléctrica nacional. Asimismo estableció alcanzar un 20% a fines de 2025, con metas graduales intermedias, incluyó la posibilidad de generación con otras fuentes renovables antes no contempladas (Biocombustibles, energía de las olas, energía solar térmica entre otras). Además de ampliar los beneficios fiscales, destaca la creación de un fondo fiduciario denominado (FODER) Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables, cuyo objetivo es el apoyo económico para la ejecución y financiamiento de proyectos de energía renovable.

Luego, con la Resolución 202/16 se derogaron las anteriores Resoluciones 712/099 y 108/11 y se renegociaron los contratos de energías renovables ya en el marco de Ley 27191, dando paso también a las licitaciones que se conocieron como programas RenovAr (Figura 2).

Los 1327 MW (1.33GW aprox.) instalados en Patagonia, mencionados anteriormente representan un valor muy destacable en un país donde, como dijimos, la actividad es relativamente reciente, pero parecen insignificantes a escala mundial donde a finales de 2020, según el Global wind energy council (GWEC), la potencia instalada mundial alcanzó los 651 GW (Ver Tabla 3).

A los programas GenRen y RenovAr se debe en gran medida la potencia instalada actualmente en Patagonia. Ambos modelos de licitación de compra de energía renovable propiciaron el desarrollo visto hasta ahora. Cabe señalar no obstante que los objetivos más allá de la generación de energía con fuentes renovables permiten distinguir claras diferencias entre ambas, detrás de las cua-



**Figura 2.** Evolución de la potencia instalada en Argentina durante los últimos 10 años. Fte: Foieri Federico. ren-argentina.com

les queda la posibilidad de desarrollo de la industria eólica, ya no de la generación eólica, en el país.

El futuro próximo de la actividad, al igual que todo su proceso histórico brevemente repasado hasta aquí, sigue estando condicionado por los mismos factores: la capacidad de transporte del sistema eléctrico y la definición de políticas que alienten programas de expansión de la actividad, en un momento quizá clave de la historia ante la crisis del modelo energético actual.

Desde el año 2017 se viene planteando la posibilidad de construir una nueva línea de extra alta tensión (500 kV) entre Choele Choel y Puerto Madryn (Choele Choel – Madryn II). Si bien fue anunciada nunca se licitó. En la actualidad ese proyecto está contemplado en el Plan Quinquenal Federal III Redes Eléctricas del año 2020, como obra de prioridad “1”, junto a la ampliación de las correspondientes estaciones transformadoras (ET) de Choele Choel y Puerto Madryn. La línea en sí tendrá 350 km de longitud y junto a la ampliación de las ET representará una inversión de 706.693.572 dólares. Claro está que el contexto sanitario a partir del año 2020, con la irrupción de la pandemia del SARCS CoV-2, sumado a las dificultades con que se enfrenta hoy el país para obtener crédito de organismos internacionales, han alterado el avance de todas estas planificaciones. Igualmente es de esperar que más temprano que tarde estas obras se concreten (Ver Tabla 3).

Durante las primeras dos décadas del siglo XXI, los gobiernos que se sucedieron en la conducción del Estado Nacional se caracterizaron por impulsar las energías renovables, de una u otra forma o mejor dicho en el marco de uno u otro modelo de país. Tanto el programa Genren como se mencionó, apuntando a la investigación de las fuentes renovables, el desarrollo de proyectos y a la instalación de las bases para la industrialización nacional relacionada a las renovables como los programas RenovAr, a los que se les debe destacar el éxito en cuanto a potencia instalada sobre todo, marcaron el ritmo de la actividad hasta 2020 (durante los últimos meses de 2020 y los primeros de 2021 entraron en operación comercial proyectos licitados por RenovAr y restan aún instalarse centrales aprobadas por ese mismo programa). Pero actualmente no hay un panorama claro desde el punto de vista de la definición de políticas públicas hacia el sector. Es de esperar que las mismas acompañen la posible concreción de las obras de infraestructura eléctrica imprescindibles.

También es importante mencionar que el panorama en el caso que nos ocupa, la energía eólica en Patagonia, no solo es alentador relacionado con la demanda de energía y su aporte al SADI sino también como un impulsor para el fomento de las economías regionales y el acceso a la energía de calidad para miles de personas. Precisamente existen y en especial en Patagonia, vastísimas áreas donde la generación eléctrica sigue estando provista por equipos térmicos debido a la falta de conexión al sistema nacional o a los regionales que lo componen. Allí es de esperar un impulso serio por parte de los estados provinciales, el cual hasta ahora no se ha visto, apuntando a la planificación estratégica del sector energé-

<b>Tabla 3. Comparacion de Patagonia con el resto del mundo</b>	
	<b>Potencia instalada (MW)</b>
	En parques "onshore" o continentales
	<b>Total</b>
<b>Patagonia Argentina*</b>	1.327 (FC 44,6%)
<b>República Argentina*</b>	2.978,3 (FC 44,5%)
<b>Continente Americano**</b>	169.758
<b>Mundo**</b>	707.396

Fuente: \* Sitio web diseñado por el Dr Federico Foieri (ren-argentina.com)  
 \*\* GWEC. Global Wind Report 2021.

El Factor de capacidad (FC ) se define como el cociente entre la energía efectivamente generada por una instalación eólica en un plazo de un año, y la que generaría si el viento soplase las 8760 horas de año a velocidad nominal, es decir a la velocidad en la que la máquina es capaz de entregar su máxima potencia. Podría explicarse como el porcentaje de tiempo en el año en que las máquinas funcionan a plena potencia. De hecho el FC se expresa porcentualmente. En Argentina FC el promedio llega a 44.5%, con algunas centrales que alcanzan un 60.5%.

tico y fundamentalmente hacia una transición energética que vaya más allá de la mera explotación de las fuentes renovables, sino que ponga en el centro de la escena el bienestar y el desarrollo humano.

Por último y cerrando esta breve referencia, se debe mencionar un tema nuevamente muy vigente: la generación y comercialización de "Hidrógeno verde". Al decir "nuevamente muy vigente" se hace referencia al hecho de que el estudio del hidrógeno como vector energético y medio para almacenar y transportar la energía eólica no es nuevo. Durante los primeros años del presente siglo se solía referir a Patagonia como "el futuro Kuwait" dado el potencial de producir este combustible a partir del viento como fuente de energía para la electrólisis del agua, que entonces se sostenía provendría del océano. Hace dos décadas ya en Pico Truncado, Provincia de Santa Cruz, se dieron pasos pioneros para vincular la central eólica Jorge Romanutti (2,4 MW de potencia instalada) con la producción de hidrógeno, por medio de una planta experimental asociada a la

misma central. También y más recientemente la empresa HYCHICO, con su parque eólico y planta H<sub>2</sub> asociada, instalados en cercanías de Diadema Argentina, Comodoro Rivadavia, Chubut, se encuentra abocada al desarrollo de este vector energético.

En la actualidad el “hidrógeno verde” 0 100% renovable, es decir libre de emisiones de gases de efecto invernadero en su proceso productivo, se presenta como una posibilidad cierta para la independencia energética, dadas las posibilidades que tiene nuestra región para producirlo. Además internacionalmente se está posicionando como el combustible de una era energética caracterizada por la descarbonización de su matriz.

Como se aprecia, el panorama a futuro es alentador en muchos aspectos. Se requiere de la acertada toma de decisiones, con visión a largo plazo, por parte de los gobiernos nacional y provinciales en lo que a políticas de energías renovables se refiere, la construcción de la infraestructura eléctrica que permanentemente se requiere y de la difusión, enseñanza y aprendizaje en todas las escalas posibles para que estos sean también un tema de interés público.

## Bibliografía

Bertinat, P. (2016). “Transición energética justa. Pensando la democratización energética”. Fundación Friedrich Ebert (fes).

Bolcich, J. C. (2018). “Hidrógeno y energías renovables”. Ciencia e Investigación 68(2):41-68

Chemes, J. y Bertinat, P. (2018). “Políticas públicas en el sector de energías renovables (2003- 2018)”. EJES Enlace por la justicia energética y socioambiental. <https://ejes.org.ar/InformePoliticRenovables.pdf>

Gayo, R. (2009). “Sistema interconectado nacional (SIN) en 500 kV”. Petrotecnia.

Global Wind Energy Council (2021). “Global Wind Report 2021”

Mattio, H. F. et al (2011). “Generación eléctrica mediante energía eólica”. Ed Milor, Salta, Argentina.

Presidencia de la Nación. Ministerio de Desarrollo Productivo.Secretaría de Energía (2020). “Plan Quinquenal Federal III de Redes Eléctricas”. <http://ren-argentina.com/index.html>

## Links

<https://cammesaweb.cammesa.com/historico-energias-mensuales/#>

<https://www.energiaestrategica.com/como-fueron-las-politicas-nacionales-energias-renovables-los-ultimos-40-anos/>

<https://www.energiaestrategica.com/hay-potencial-y-gran-oportunidad-de-negocios-el-rol-del-hidrogeno-verde-en-argentina-y-la-region/>

<https://ithes-uba.conicet.gov.ar/el-gobierno-busca-impulsar-el-hidrogeno-verde-como-nuevo-combustible-en-la-argentina-%EF%BB%BF-a-traves-de-una-de-las-filiales-de-y-p-f-se-creo-un-consorcio-de-empresas-para-convertir>



## CAPÍTULO 14

### Desafíos científicos y geopolíticos en las regiones antártica y subantártica

**Gustavo A. Ferreyra**

Director del Centro Austral de Investigaciones Científicas  
(CADIC-CONICET)  
Coordinador de la Red de Observación Marina Argentina (ROMA)  
Profesor/Investigador Asociado al Instituto de Ciencias  
del Mar de Rimouski (Quebec, Canadá)  
Miembro del Consejo Asesor Científico de Pampa Azul (MINCyT)  
Miembro de la Comisión de Ciencias del Mar (CONICET)  
PhD en Oceanografía Biológica (Universidad de Quebec, Canadá)

gferreyra@cadic-conicet.gob.ar

309

**Palabras clave:** *ciencia, geopolítica, Antártida, región subantártica, Atlántico Sur, Chile.*

**Keywords:** *science, geopolitics, Antarctica, subantarctic region, South Atlantic, Chile.*

#### Resumen

La región más austral de nuestro país comprende un vasto territorio continental, insular y marítimo, el cual presenta una gran variedad de desafíos geopolíticos y científicos. En lo que respecta al primero, existen aspectos conflictivos, como es el caso de la cuestión de la soberanía sobre las Islas Malvinas. En contraste, el reclamo soberano en el territorio antártico no presenta actualmente situaciones de conflicto, ya que se encuentra en un punto de congelamiento temporal, según lo establece el Tratado Antártico de 1959, del cual la República Argentina es signataria. Asimismo, nuestro país se encuentra trabajando activamente en el desarrollo de áreas marinas protegidas en la Antártida y en la zona subantártica, como parte de compromisos internacionales adquiridos. Este

conjunto de aspectos geopolíticos implica un enorme desafío desde el punto de vista científico, dada la diversidad y la complejidad de los patrones y procesos ecológicos involucrados y la urgente necesidad de su conocimiento desde una perspectiva integral, en particular teniendo en cuenta los cambios ambientales que se observan a escala planetaria, los que se reflejan con particular intensidad en las regiones de altas latitudes. En este trabajo se analizan algunas características de cada una de las áreas mencionadas, describiendo antecedentes significativos y estableciendo relaciones con las capacidades científico-tecnológicas y temas clave de la economía de Tierra del Fuego. En síntesis, se pretende mostrar que el conocimiento es una herramienta fundamental para el equilibrio geopolítico y el desarrollo de la región. Por lo tanto, no solamente es necesaria una fuerte interacción entre las instituciones nacionales y provinciales de ciencia y tecnología, sino también una fructífera colaboración internacional, especialmente con la República de Chile.

## Abstract

### Scientific and geopolitical challenges in the Antarctic and sub-Antarctic regions

The southernmost region of our country encompasses a large continental, insular and maritime territory, representing diverse geopolitical and scientific challenges. Regarding geopolitics, there are conflicting issues, such as the sovereignty over the Malvinas Islands. In contrast, the sovereign claim over the Antarctic territory does not currently present conflicting situations, because the 1959 Antarctic Treaty, of which Argentina is a signatory party, declared a moratorium on claims of territorial sovereignty. Likewise, our country is actively developing marine protected areas in Antarctica and the Sub-Antarctic zone, as part of commitments acquired through international conventions. These aspects mean an enormous challenge for science, given the diversity and complexity of the ecological patterns and processes involved in these areas and the urgent need for their understanding in an integrative manner, in particular in the light of the environmental changes observed at the planetary scale, which reflect with particular intensity in high latitude regions. In this paper, some characteristics of each of the aforementioned areas are analyzed, including significant background, while establishing relationships with scientific-technological strengths and key issues of the economy of Tierra del Fuego. In short, it is intended to show that knowledge is a fundamental tool for both the geopolitical balance and the development of the region. Therefore, not only a strong interaction between national and provincial science and technology institutions is necessary, but also a fruitful international collaboration, especially with the Republic of Chile.

## CONTEXTO

En el presente artículo se analizará una serie de aspectos relacionados con el desarrollo y proyecciones científicas en el sector austral de nuestro país, incluyendo a la Isla de Tierra del Fuego, el Atlántico Sur, las islas subantárticas y la Antártida. Se trata de una región caracterizada por la presencia de sistemas naturales y socioeconómicos heterogéneos. Administrativamente, la jurisdicción de la Provincia de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur (A.I.A.S) abarca a la totalidad de la región, si bien las actividades en la Antártida también son reguladas por el Gobierno Nacional (Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto) y globalmente por el Sistema del Tratado Antártico, al que nuestro país suscribió el 1 de diciembre de 1959. La Provincia de Tierra del Fuego, A.I.A.S. fue la última en ser creada a nivel nacional, el 1 de junio de 1991, más de un siglo después de fundar Ushuaia en lo que sería el Territorio del Tierra del Fuego, A.I.A.S, en 1884. Actualmente no es posible el ejercicio de la soberanía plena de nuestro país sobre el territorio antártico y, a diferencia de Tierra del Fuego, no tiene asentamientos poblacionales permanentes autosuficientes económicamente. En particular, la Ciudad de Ushuaia representa el vínculo natural entre los continentes americano y antártico, a través de un espacio multidimensional de interacciones científicas, logísticas y turísticas entre los territorios. Es por ello que se la considera como una de las “puertas de entrada a la Antártida”, junto con las ciudades de Punta Arenas (Chile), Hobart (Australia), Christchurch (Nueva Zelanda) y Ciudad del Cabo (Sudáfrica). Estas características, junto con el hecho de haber sido una zona de conflicto por cuestiones limítrofes en el Canal Beagle con la vecina República de Chile y las incumbencias con el tema Malvinas, hacen de ésta una región de particular interés.

En este artículo se describirán algunos aspectos particulares de las distintas áreas de interés de la zona austral, abarcando desde cuestiones socio-productivas y científicas y su relación con el cambio climático global, hasta otras de carácter geopolítico. Esta información será luego sintetizada al destacar la importancia de la implementación estratégica de ciertas iniciativas tanto nacionales como internacionales, en particular en lo que refiere a la cooperación con el vecino país de Chile.

## ALGUNOS TEMAS RELEVANTES.

### La Antártida.

La presencia ininterrumpida de nuestro país en la Antártida se remonta a principios del Siglo XX, con la creación de la Base Orcadas en 1904. La República Argentina posee hoy un despliegue de un total de 13 bases en la Antártida, 6 de las cuales son permanentes, es decir que operan durante todo el año, mientras

que las restantes son temporales, encontrándose operativas solamente durante la llamada Campaña Antártica de Verano (Tabla 1; Fig. 1). Cada una de las bases cuenta con un Laboratorio Antártico Multidisciplinario (LAM) y en algunas se da apoyo a campamentos, con la coordinación operativa del Instituto Antártico Argentino. **Cabe señalar que sólo 2 de las 13 bases se dedican exclusivamente a la actividad científica y tecnológica y son administradas por la Dirección Nacional del Antártico/Instituto Antártico Argentino, mientras que las restantes brindan apoyo logístico a la ciencia y alojan los LAMs, bajo la administración del Comando Conjunto Antártico, integrado por representantes de las Fuerzas Armadas y un asesor por la Dirección Nacional del Antártico.** El despliegue descripto representa un enorme esfuerzo, tanto económico como humano. El mandato que regula las actividades en la región se encuentra explicitado tanto dentro la Ley Antártica original (18.513/1969) como en el Decreto 2316/1990. Este último establece que “El objetivo fundamental de la Política Nacional Antártica es afianzar los derechos argentinos de



**Figura 1.** Distribución geográfica de las bases antárticas argentinas. En verde se muestran las permanentes y en naranja las temporarias (Fuente: MRECIC; <https://www.cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/divulgacion/tratado-antartico>).

**Tabla 1. Bases permanentes y temporarias del despliegue antártico argentino (Fuente: DNA e IGN; ver lista de acrónimos en Anexo 1).**

<b>Bases permanentes.</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Ubicación geográfica</b>	<b>Inauguración</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Administración</b>
Base Carlini	Caleta Potter (bahía Guardia Nacional), isla 25 de Mayo (islas Shetland del Sur).	21 de noviembre de 1953	62°14'18"S 58°40'1"O	DNA/IAA
Base Orcadas	Istmo de la isla Laurie (caletas Uruguay y Scotia, bahías Uruguay y Scotia respectivamente), islas Orcadas del Sur.	22 de febrero de 1904	60°44'16"S 44°44'24"O	CCA/ARA
Base Belgrano II	Nunatak Bertrab (bahía Vashel), costa Confin (Tierra de Coats).	5 de febrero de 1979	77°52'32"S 34°40'46"O	CCA/EA
Base Esperanza	Punta Foca (caletas Choza y Águila), bahía Esperanza (península Trinidad), estrecho Antarctic.	17 de diciembre de 1952	63°23'53"S 56°59'50"O	CCA/EA
Base San Martín	Islote Barry – islote San Martín (caleta Sanaviron, paso Mottet), islotes Debenham (bahía Margarita, costa Fallieres).	21 de marzo de 1951	68°7'48"S 67°6'3"O	CCA/EA
Base Marambio	NE de la isla Marambio (mar de Weddell)	29 de octubre de 1969	64°14'28"S 56°37'31"O	CCA/FAA

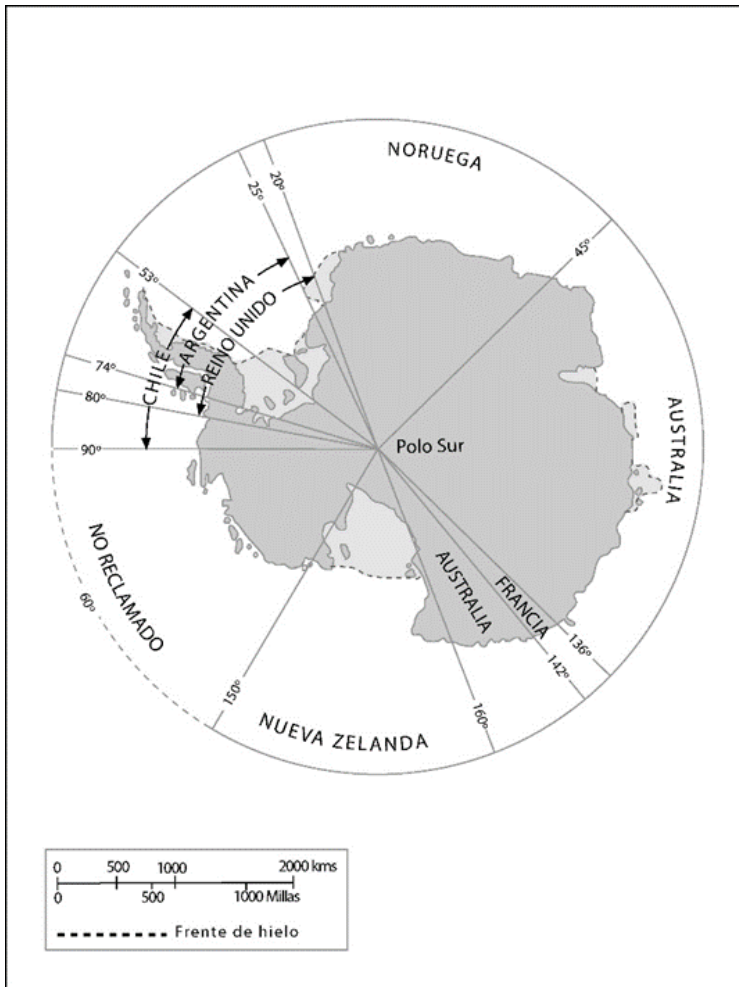
<b>Bases temporarias.</b>				
<b>Nombre</b>	<b>Ubicación geográfica</b>	<b>Inauguración</b>	<b>Coordenadas</b>	<b>Administración</b>
Base Brown	Punta Proa (península Sanaviron),	6 de abril de 1951	64°53'43"S 62°52'14"O	DNA/IAA
Base Cámara	Isla Media Luna (Caleta Menguante, Bahía Luna, isla Livingston), estrecho MacFarlane (islas Shetland del Sur).	1 de abril de 1953	62°35'42"S 59°55'6"O	CCA/ARA
Base Melchior	Isla Observatorio (caleta Observatorio, puerto Melchior, Canal Principal), archipiélago Melchior (bahía Dallmann, archipiélago de Palmer).	31 de marzo de 1947	64°19'33"S 62°58'35"O	CCA/ARA
Base Decepción	Bahía 1° de Mayo (Puerto Foster), isla Decepción (islas Shetland del Sur)	25 de enero de 1948	62°58'32"S 60°41'52"O	CCA/ARA
Base Petrel	Isla Dundee (Rada Petrel, estrecho Active), cabo Welchness (Punta Bajos, estrecho Antarctic).	1 de diciembre de 1952	63°28'40"S 56°13'37"O	CCA/ARA
Base Primavera	Cabo Primavera (entre las caletas Cierva y Santucci) costa Danco (bahía Estrecho de Gerlache).	8 de marzo de 1977	64°9'21"S 60°57'17"O	CCA/EA
Base Matienzo	Nunatak Larsen (Nunatak Foca), barrera de hielos Larsen (mar de Weddell).	15 de marzo de 1961	64°58'33"S 60°4'15"O	CCA/FAA



soberanía en la región”. Este objetivo fundamental se hace efectivo a través de la actividad científica y técnica (CyT), cuyas prioridades son: a) el conocimiento de los recursos minerales y pesqueros, b) el conocimiento del medio ambiente con miras a su protección, incluyendo los fenómenos antárticos de alcance global, c) el desarrollo de las tecnologías específicamente antárticas y d) el lograr una mayor eficacia de la presencia argentina, concentrándola en respaldar la actividad científico-tecnológica nacional y en la capacidad de prestar a otros países los servicios y el conocimiento necesarios, en los casos en que sea políticamente aconsejable.

Desde comienzos del siglo XX, la Argentina tuvo presencia y actividad constantes en aras de la ocupación territorial, desarrollando al mismo tiempo actividades científicas, coherentes con su reclamo soberano. Fue la época de la llamada “conquista”, durante la cual las Fuerzas Armadas desempeñaron un papel central estratégicamente acorde con las reglas de juego de aquel momento, gracias al apoyo del Gobierno Nacional especialmente durante las presidencias del presidente Perón (Fontana, 2014). Durante ese período también se sumó la creación del Instituto Antártico Argentino (17 de abril de 1951; Decreto 7338/51), el cual fue el primer instituto de investigación en el mundo dedicado específicamente al estudio del territorio, formando parte del esfuerzo nacional (Genest, 1998). El paradigma del despliegue descrito como “conquista” cambió a partir del Año Geofísico Internacional (1957-58), cuando en la arena geopolítica la cooperación internacional y el conocimiento científico se convirtieron en los argumentos centrales para la presencia de los países en el continente blanco.

Como ya se ha mencionado, las actividades en la Antártida están reguladas por el Tratado Antártico del 1 de diciembre de 1959, firmado entre la Argentina, Australia, Bélgica, Chile, Estados Unidos, Francia, el Reino Unido, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, Sudáfrica y la entonces Unión Soviética, el cual entró en vigor el 23 de junio de 1961 ([www.ats.aq/documents/keydocs/vol\\_1/vol1\\_2\\_AT\\_Antarctic\\_Treaty\\_s.pdf](http://www.ats.aq/documents/keydocs/vol_1/vol1_2_AT_Antarctic_Treaty_s.pdf)). La firma del Tratado declaró a la Antártida como un área dedicada al desarrollo del conocimiento y la paz, congelando temporariamente las demandas de soberanía territorial (Sánchez, 2007). La firma del Tratado Antártico se relacionó con el escenario de la guerra fría imperante en esos años entre los países hegemónicos y tuvo lugar como una continuidad del Año Geofísico Internacional (1957-58), una iniciativa científica multilateral de gran envergadura con la participación de 66 países, entre los que figuraron los signatarios del Tratado Antártico. Actualmente, la Sede del Tratado se encuentra en Buenos Aires y cuenta con 54 Partes (29 son Partes Consultivas, es decir con voz y voto, mientras que el resto son adherentes), existiendo siete países reclamantes de territorio. Uno de ellos corresponde a la Argentina, superponiéndose a los reclamos de Chile y el Reino Unido (Fig. 2). **Sin embargo, cabe destacar que, desde 1947, la Argentina y Chile reconocen mutuamente sus derechos de soberanía en la Antártida. Este tema reviste una gran relevancia ya que se trata de los dos países latinoamericanos con mayor tradición y despliegue científico y logístico en la región.**

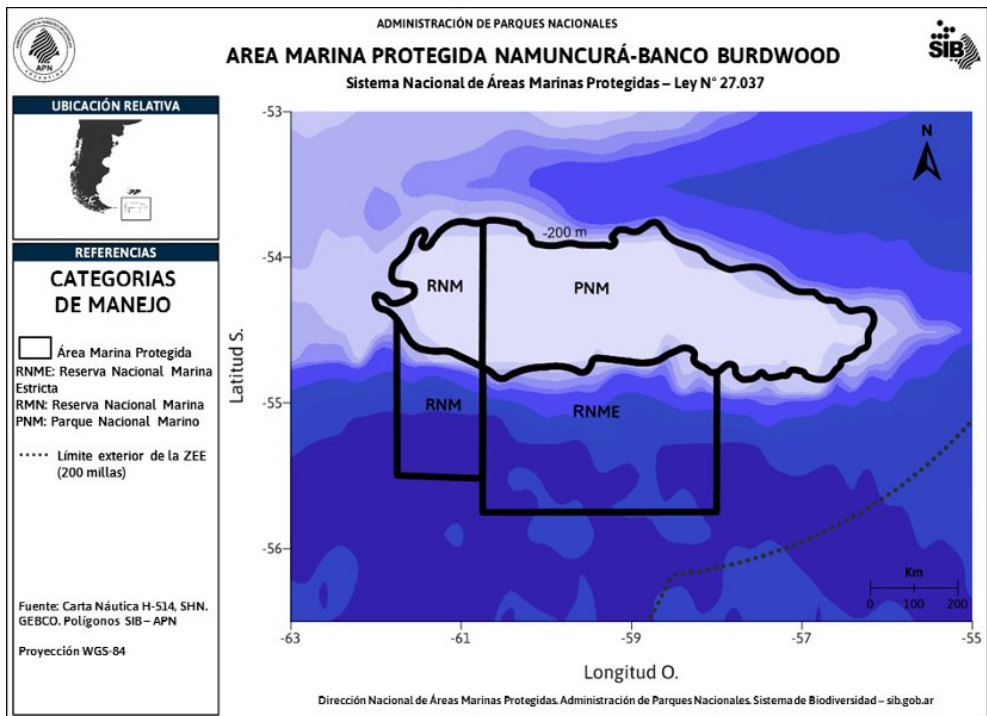


**Figura 2.** Países con reclamos territoriales y sectores involucrados (Fuente: MRECIC; <https://www.cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/divulgacion/tratado-antartico>).

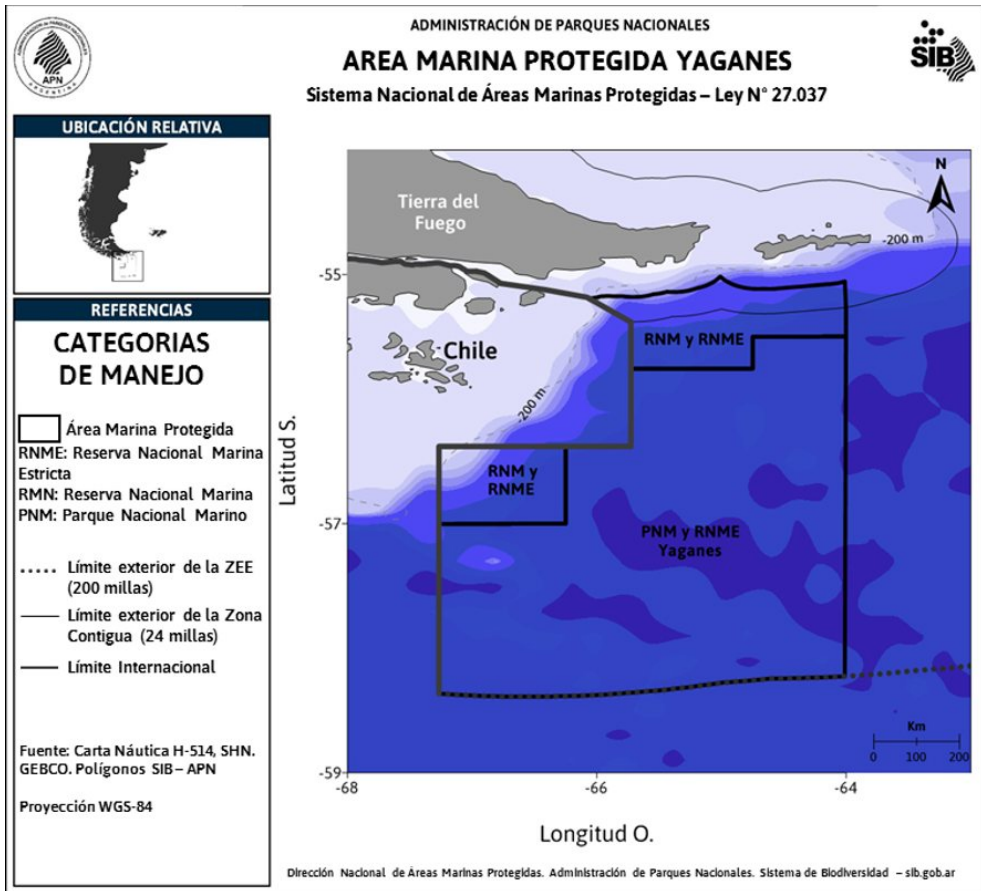
Por otro lado, la dinámica de las Reuniones Consultivas del Tratado Antártico ha generado una serie de instrumentos que hacen foco sobre temas que son de importancia particular, como la Convención sobre la Conservación de Focas Antárticas, la Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) y el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente. Asimismo, a este cuerpo de instrumentos se sumó el Comité Científico para la Investigación Antártica (en inglés *Scientific Committee on Antarctic Research*, SCAR), que es un órgano consultivo cuyo mandato es comenzar, desarrollar y coordinar líneas de investigación prioritarias identificadas dentro de la comunidad científica antártica y una de sus funciones es aconsejar a las

Partes Consultivas del Tratado. Cuenta con 30 miembros plenos y 13 asociados y la sede está ubicada en el Instituto Scott de Investigación Polar (Cambridge, Reino Unido).

Como ejemplo de uno de los instrumentos mencionados, se destaca que una de las atribuciones de la CCRVMA es la de crear Áreas Marinas Protegidas en base a los conocimientos científicos, lo que implica además la generación de planes de gestión, investigación y seguimiento de las mismas. Los países miembros pueden proponer la creación de las AMPs y de las medidas de conservación asociadas a ellas. La primera AMP tanto de la CCRVMA como a nivel internacional fue la de la Plataforma Meridional de las Islas Orcadas del Sur. En la actualidad, Argentina y Chile están presentando conjuntamente la creación de una nueva AMP (ver más abajo).



**Figura 3.** AMP Namuncurá/Banco Burdwood y Burdwood II (Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/parquesnacionales/areasmarinas/namuncura-burdwood>)



**Figura 4.** AMP Yaganes (Fuente: <https://www.argentina.gob.ar/parquesnacionales/areasmarinas/yaganes>)

## Las Áreas Marinas Protegidas en el Atlántico Sur

Como se mencionó anteriormente, las Áreas Marinas Protegidas (AMPs) tienen gran importancia en términos de conservación. Actualmente, en el Atlántico Sur existen dos áreas de este tipo, los AMPs Namuncurá/Banco Burdwood y Yaganes. La primera fue creada por Ley 26.875 en 2013. Por otro lado, en 2014 se creó el Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (Ley 27.037) y en 2018 su gestión pasó a manos de la Administración de Parques Nacionales (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible), en tanto que Autoridad de Aplicación del Sistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (Fig. 3 y 4).

Las categorías de manejo señaladas en las cartas corresponden a: 1) RNME: Reserva Nacional Marina Estricta (área de máxima protección permanente o

temporal); 2) RNM: Reserva Nacional Marina (área protegida con el objetivo de conservar la biodiversidad marina, la calidad del paisaje y los procesos ecológicos a gran escala, permite el aprovechamiento sustentable de uno o más de sus recursos); 3) PNM: Parque Nacional Marino (admite como única actividad económica al turismo) (Fuente: <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/235000-239999/239542/norma.htm>)

## Características generales del AMP Namuncurá/Banco Burdwood

El AMP Namuncurá/Banco Burdwood, situado a 200 km al sur de las Islas Malvinas y 150 km al este de la Isla de los Estados, fue identificado como una de las Áreas Prioritarias de la Iniciativa Pampa Azul del MINCYT. Se trata de una zona con una alta biodiversidad y productividad primaria, alimentada por los aportes de nutrientes provenientes de la Corriente Circumpolar Antártica y afloramientos de aguas profundas, encontrándose potencialmente expuesta a impactos humanos de distinta naturaleza (contaminación, turismo, prospección y explotación *off-shore* de hidrocarburos, pesca no sustentable (incluyendo las actividades de flotas extranjeras) y el transporte marítimo, entre otras. El principal objetivo de conservación son los invertebrados marinos, debido a que son “ingenieros ecosistémicos” y a su alta vulnerabilidad.

Los objetivos perseguidos con su creación son:

- Conservar una zona de alta sensibilidad ambiental y de importancia para la protección y gestión sostenible de la biodiversidad de los fondos marinos.
- Promover el manejo sostenible, ambiental y económico de los ecosistemas marinos bentónicos de nuestra plataforma a través de un área demostrativa.
- Facilitar la investigación científica orientada a la aplicación del enfoque ecosistémico en la pesca y la mitigación de los efectos del cambio global.

Hasta el presente, se han realizado 16 campañas en el AMP Namuncurá/Banco Burdwood, con la participación de investigadores de varias instituciones y buques de la flota de Pampa Azul (BIP Víctor Angelescu, BO Austral, BO Puerto Deseado, Guardacostas SB-15 “TANGO” y GC 189 - Prefecto García. **El Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET) coordinó las actividades en el terreno, habiendo formado parte de un plan de fortalecimiento vehiculizado a través de la Jefatura de Ministros de la Nación para la adquisición de equipamiento oceanográfico y la construcción de un repositorio de muestras. Asimismo, el rol del CADIC fue central en todo lo relativo a los aportes científicos en el AMP Namuncurá/Banco Burdwood, contando con la experticia y el equipamiento adecuados para expandir este tipo de actividades hacia el AMP Yaganes.**



## Características generales del AMP Yaganes

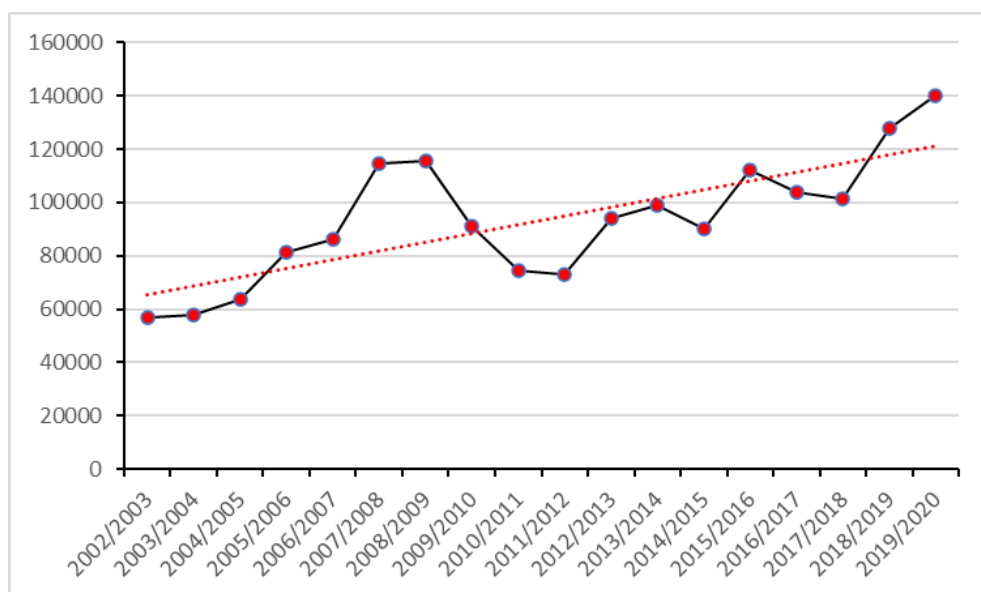
Se encuentra ubicada al sur de la isla Grande de Tierra del Fuego, en el Pasaje de Drake (Mar de Hoces), limitando al oeste con aguas de jurisdicción chilena correspondientes al Parque Marino Islas Diego Ramírez-Paso Drake, con el cual presenta una continuidad ecosistémica. Uno de los principales rasgos es que se encuentra en una zona de conectividad física, química y biológica entre los Océanos Pacífico y Atlántico, así como la presencia e influencia de la Corriente Circumpolar Antártica. En contraste con el AMP Namuncurá/Banco Burdwood, la mayor parte de su superficie corresponde a aguas profundas (3.000-4.000 m). Entre los principales valores de conservación se encuentran los corales de agua fría y la rica fauna asociada. Las categorías de manejo definidas son la de RNME, RNM y PNM. Al presente no se han realizado campañas específicas para estudiar este AMP.

## TIERRA DEL FUEGO: SU PROYECCIÓN HACIA EL ATLÁNTICO SUR Y LA ANTÁRTIDA.

### Contexto productivo:

Desde la perspectiva económico-productiva, en el informe de CIECTI (2018) se identificaron cinco complejos principales en la Provincia: electrónico-electromecánico, energético, frutihorticultura, pesquero-acuícola y turístico. Dentro de estos, los que tienen mayor proyección hacia el Atlántico Sur y la Antártida son la pesca de altura y el turismo. En cuanto al primero, el informe destaca la explotación industrial de especies de alto valor comercial, como la polaca, la merluza negra y la merluza de cola, además de moluscos como la vieira. Existen tres empresas en el rango de medianas y grandes, que desembarcan el 99% del total de la pesca. El resto corresponde a la pesca artesanal y la acuicultura. La pesca de altura tiene una alta rentabilidad, pero no representa un valor agregado importante para la provincia, ya que la totalidad de las capturas es procesada a bordo, lo que significa que no son necesarias plantas de procesamiento en tierra. Además, la proporción de residentes fueguinos trabajando en los buques es muy baja. **Este es un tema que amerita un mayor desarrollo y aportes desde el sector de ciencia y tecnología, para los cuales son esenciales las contribuciones que puedan surgir de instituciones presentes en la Provincia, en particular el CADIC, la UTN (que cuenta con una carrera de Ingeniería Pesquera; <http://www.frtdf.utn.edu.ar/>) y la UNTDF (con oferta de varias opciones de grado y pregrado; <http://untdf.edu.ar/>).**

En cuanto a la actividad turística de la Provincia, esta se concentra principalmente en Ushuaia, destacándose aquella que se desarrolla a través de cruceros de gran porte, la que ha mostrado una tendencia creciente a lo largo de varios años (Fig. 5). Existen tres categorías dentro de esta modalidad: cruceros regio-



**Figura 5.** Evolución de la cantidad de turistas (Instituto Fueguino de Turismo, 2019).

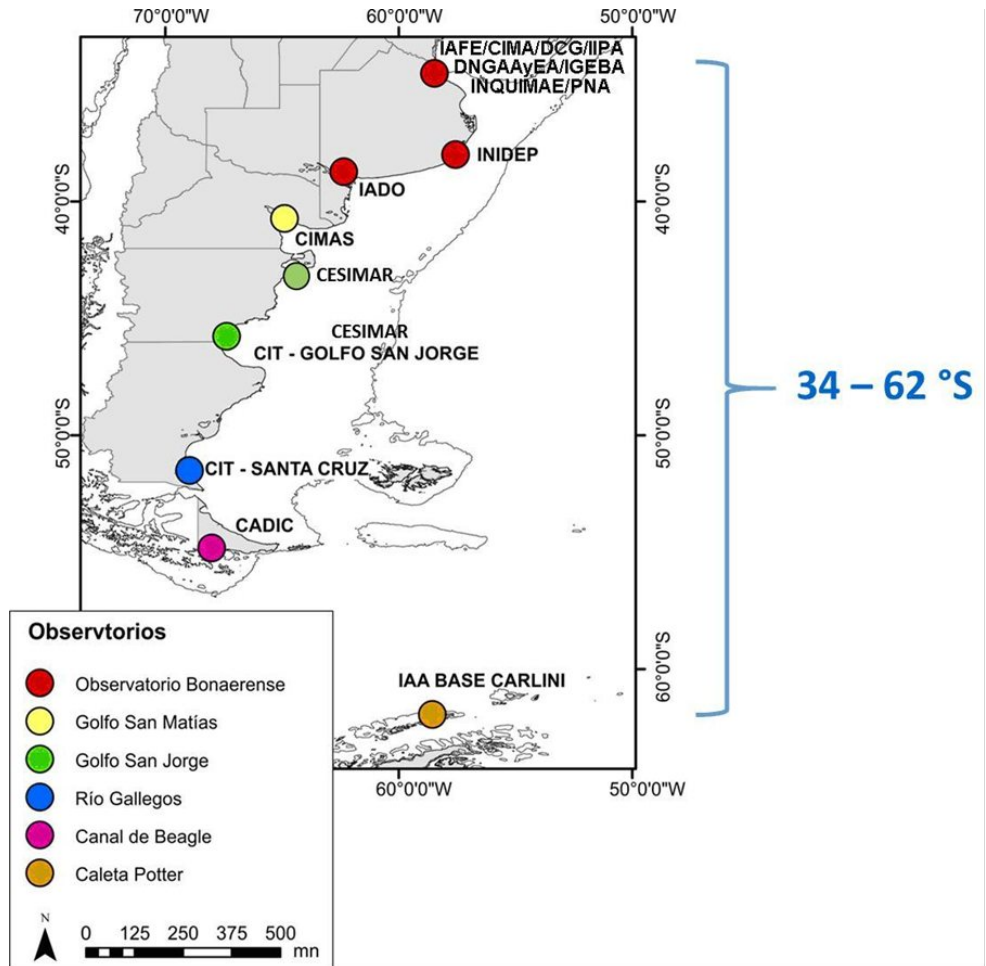
nales, internacionales y antárticos. Éstos últimos movilizan el 72% de los viajes y el 43% del volumen total de pasajeros. **La UNTDF ofrece carreras de pregrado y de grado en Turismo. Además, dado el perfil de los cruceristas, existe una fuerte demanda por el desarrollo del turismo científico y cultural, lo que representa una importante oportunidad para las instituciones científicas y educativas de la Provincia.**

Como se mencionó anteriormente, la ciudad de Ushuaia es considerada una de las puertas de entrada a la Antártida. Esto tiene un significado especial, ya que Tierra del Fuego tiene la oportunidad de dar soporte tanto a las actividades turísticas como a las del despliegue de los países que realizan actividades científicas en la región. Cabe señalar que, **desde hace varios años, se está discutiendo la posibilidad de concretar un Polo Logístico Antártico en Ushuaia, el cual debería contar con las facilidades para apoyar las actividades relacionadas, entre otras, con la Antártida.**

### Contexto científico y tecnológico

Dentro de este marco general, cabe preguntarse cómo debería posicionarse el sistema local de CyT ante los desafíos que plantea la diversidad de áreas de interés mencionadas hasta ahora (Antártida, AMPs, pesca y turismo científico

y cultural). El sistema de CyT de Tierra del Fuego está integrado por el Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET), la Universidad Nacional de Tierra del Fuego (UNTDF), la Universidad Tecnológica Nacional (UTN) y el Centro de Investigaciones y Transferencia Tierra del Fuego (CIT), creado como unidad de gestión compartida por el CONICET, la Provincia y la UNTDF. Las dos universidades ofrecen carreras que son directamente compatibles con los temas sobre los que se ha hecho foco previamente en este artículo, tales como la de Ingeniería Pesquera (UTN) y las Licenciaturas de Biología, Geología y Ciencias Ambientales de la UNTDF, así como la Maestría en Estudios Antárticos (posgrado). Sin embargo, resulta evidente que el aporte de conocimiento necesario para cubrir las necesidades planteadas no puede provenir solamente de las instituciones de CyT ubicadas en el territorio. Es así que aparece como estratégica la conformación de un “Polo de Ciencia y Tecnología” en la región Austral, que englobe a un grupo amplio de instituciones con capacidad de dar respuestas integradoras a la diversidad de problemas de la región, así como de generar nuevas alternativas. Teniendo en cuenta este enfoque, se está trabajando en la preparación de un sistema con las características mencionadas, en el marco del Programa de Centros Interinstitucionales en Temas Estratégicos (CITEs), del MINCyT (<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/sact/centros-interinstitucionales>). Las instituciones que están llevando a cabo este ejercicio son el CADIC-CONICET, el IAA, el Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP), la UNTDF, la UTN, la Administración de Parques Nacionales (APN) y la Provincia de Tierra del Fuego A.I.A.S., cada una de las cuales posee una vasta historia y experiencia en los temas desarrollados precedentemente. El objetivo general del CITE de Tierra del Fuego será entonces vincular funcionalmente a un grupo amplio de instituciones de manera tal de poder crear las herramientas intelectuales y de infraestructura apropiadas para la producción de conocimiento útil para la comunidad, el sistema productivo y la Administración Pública acerca de la región austral. Dentro de estos objetivos, se buscará promover la percepción de la pertenencia antártica y subantártica a nivel social y educativo. A esta iniciativa se suma la Red de Observación Marina Argentina (ROMA), creada por el CONICET en 2019 mediante Resolución 2019-3054, con financiamiento acordado recientemente por el MINCyT a través de la Iniciativa Pampa Azul. Se trata de un sistema constituido por nueve nodos integrados por una serie de instituciones costeras relacionadas con las ciencias marinas, incluyendo a varias Unidades Ejecutoras del CONICET, la Universidad de Buenos Aires, la Comisión Nacional de Investigaciones Espaciales, el Servicio de Hidrografía Naval, el INIDEP, el Instituto Antártico Argentino y la empresa Investigación Aplicada – Sociedad del Estado (INVAP) (Fig. 6). En cada nodo se instalarán instrumentos sumergidos en el mar para la medición continua de parámetros seleccionados para monitorear en el largo plazo los efectos del cambio climático y otros impactos de origen humano, a través de un despliegue latitudinal. En la región más austral de la red se encuentran dos institutos del CONICET: el Centro de Investigaciones y Transferencia Tierra del Fuego, con sede en Río Grande y el CADIC, y la Base Antártica Carlini, del Instituto Antártico Argentino. La ROMA es la primera infraestructura creada para el monitoreo costero del mar, y los nodos australes tendrán una estrecha relación con el CITE de Tierra del Fuego.



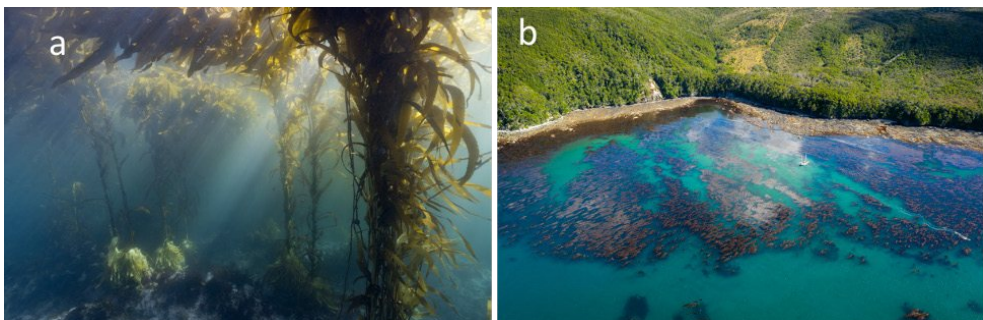
**Figura 6.** Distribución geográfica de los 9 Nodos de observación de la ROMA, con las instituciones de las cuales dependen (ver listado detallado en el anexo 2).

## DESAFÍOS CIENTÍFICOS: UN ESTUDIO DE CASO.

Existe una multitud de áreas del conocimiento con vacancias en la región austral. Sin embargo, y a modo de ejemplo, se discutirá un tema general que, por su dimensión inter y transdisciplinaria, involucra a gran parte del espectro de las ciencias marinas y terrestres. El mismo se refiere a la **conectividad** entre la Isla de Tierra del Fuego, el Canal Beagle, las AMPs ubicadas en el Atlántico Sur y la Antártida.

El Canal Beagle es un ecosistema marino de aproximadamente 240 km de extensión que conecta a los océanos Pacífico y Atlántico, presentando una gran heterogeneidad batimétrica, así como en lo que se refiere a los flujos de carbono y materia inorgánica de origen terrestre. La zona oeste, correspondiente a aguas interiores chilenas, se encuentra muy influenciada por aportes de agua dulce y partículas orgánicas e inorgánicas provenientes de los glaciares (González et al., 2016). Esto contrasta con el sector este, con menos glaciares y con mayor influencia de los aportes de ríos que acarrearán predominantemente material orgánico particulado y disuelto provenientes de los bosques y las turberas. En particular, la vegetación de las turberas ubicadas en la zona sureste de la Isla de Tierra del Fuego (Península Mitre), posee una gran biomasa (Iturraspe et al. 2012; Perez-Haase et al. 2019), siendo un importante sumidero de carbono comparado con otros sistemas ubicados en otras latitudes (Holl et al., 2019). Esto representa un enorme aporte potencial de carbono hacia el Canal Beagle, el que sumado al resto de las contribuciones terrestres puede ser en parte exportado no solo al interior sino también hacia el exterior del canal. Se supone que una parte de la materia orgánica que entra al Canal Beagle es reciclada localmente, brindando nutrientes a otros componentes del ecosistema que actúan a su vez como sumidero de carbono, tales como el fitoplancton y los vastos bosques de macroalgas marinas presentes a lo largo de toda la costa (Fig. 7).

Parte de esta biomasa puede ser potencialmente transportada por la corriente dominante hacia el exterior del canal, donde a su vez sería transportada por las aguas superficiales de la corriente del Cabo de Hornos hacia la zona de las Islas Malvinas y el Banco Burdwood, tal como lo sugieren resultados de modelización (Guihou et al., 2020). Por otro lado, la otra fracción de materia orgánica que llega a la boca del Canal puede ser exportada hacia grandes profundidades en la zona del AMP Yaganes (Pasaje Drake). En este caso, la materia orgánica puede ser movilizada activamente a través de las corrientes de turbidez que se generan en el sistema de cañones submarinos ubicados en el sureste de la Isla

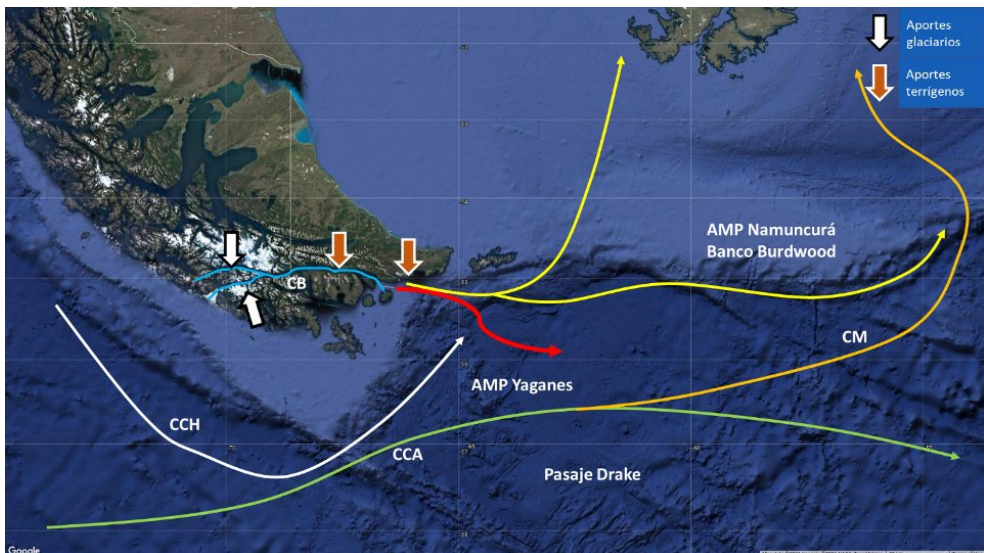


**Figura 7.** Bosque de cachiyuyo (*Macrocystis pyrifera*) en la costa norte del Canal Beagle: a) foto submarina (crédito: J. Kaminsky); b) foto aérea de una parte de la franja costera, donde puede apreciarse la cobertura (crédito: J. Reyero).



de Tierra del Fuego (Sloggett, Valentín, Nueva y Wollaston) (Palma et al., 2021). **Estas reflexiones sugieren la existencia de una conectividad dinámica entre los ecosistemas terrestre (incluyendo a los bosques, turberas, glaciares y ríos), marino costero (Canal Beagle) y de aguas oceánicas exteriores (Fig. 8).**

Considerando un enfoque más general, el concepto de “*blue carbon*” (carbono azul) comprende la extracción de carbono desde la atmósfera por los vegetales macrófitos que crecen en las zonas costeras del planeta (manglares, macroalgas, pastos marinos y humedales), así como su fijación y secuestro en el fondo del océano profundo, luego de ser exportado desde su sitio de origen. Como alternativa, el concepto de “*green carbon*” (carbono verde) refiere a los organismos terrestres. Esto está siendo un tema de gran preocupación a nivel internacional, ya que se ha observado una tendencia a la reducción de la cobertura vegetal en



**Figura 8.** Representación esquemática de diferentes procesos que sugieren conexiones entre el sistema de aguas interiores del Canal Beagle (CB) y el océano abierto. CCH: Corriente del Cabo de Hornos; CCA: Corriente Circumpolar Antártica; CM: Corriente de Malvinas. Las flechas blancas indican la predominancia de aportes glaciares, mientras que las naranjas representan principalmente aportes terrígenos a través de ríos y precipitaciones. Las líneas amarillas muestran recorridos de partículas y materia orgánica disuelta en aguas superficiales, mientras que la línea roja representa la exportación desde el Canal Beagle de material particulado hacia aguas profundas, vehiculizado a través de corrientes de las corrientes de turbidez que se forman en los cañones submarinos de la zona.

los ecosistemas marinos costeros, en relación al aumento de la temperatura, la acidificación, la presencia de eventos extremos, la eutrofización y otros factores de estrés (IPCC, 2019).

El aporte de carbono de la vegetación costera considerada dentro del concepto de *blue carbon* se suma al del fitoplancton, que se encuentra presente en las aguas superficiales de la columna de agua de todo el océano. Si bien las zonas costeras cubren una escasa superficie del total del océano (7,6%), son responsables de aportar aproximadamente un 30% de la producción primaria total del planeta y de la mitad del carbono que se transfiere hacia el océano profundo (Chen, 2003; Bauer et al., 2013). Se ha sugerido que el destino de la producción primaria neta (carbono fijado por fotosíntesis menos el respirado) de las plantas macrófitas costeras tiene cuatro destinos posibles: 1) es consumida por organismos herbívoros y detritívoros, 2) es reciclada por microorganismos y metazoos, 3) es incorporada a los sedimentos, o 4) es exportada hacia el exterior de la zona costera (océano abierto) en forma de carbono particulado y disuelto (Duarte, 2017). La conclusión más interesante de este último trabajo es que la mayor parte de la biomasa es exportada (82%), siendo las macroalgas el componente que más contribuye (55% de la producción total). La importancia de las macroalgas en este tipo de proceso ha sido señalada también por otros autores (Krause-Jensen et al., 2018; Smale et al., 2018) y ha sido corroborada recientemente a partir de muestras colectadas durante las expediciones globales Tara Oceans y Malaspina 2010, donde se encontraron señales de la presencia de macroalgas a 4.000 m de profundidad con una máxima diversidad de taxa en el Atlántico Sur, utilizando técnicas de metagenómica (Ortega et al., 2019). Estos hallazgos revisten una gran importancia para la comprensión del balance global de carbono, ya que demuestran la conexión existente entre los dominios costero y oceánico a través de la observación. Sin embargo, no consideran a los aportes de origen terrestre, los que podrían ser de una magnitud equivalente a los de la zona costera. **Las estimaciones mencionadas son aproximaciones, existiendo un alto grado de incertidumbre acerca de los valores reales, lo cual solamente puede ser confirmado a partir de investigaciones dirigidas a ensayar hipótesis sobre estos temas. Esto es fundamental para poder incorporar este tipo de información en las estimaciones del balance de carbono global, de manera de mejorar las previsiones de los modelos y su aplicación en la mitigación de los efectos del cambio climático.**

A las incertidumbres que se acaban de mencionar, se suma la necesidad de conocer el desplazamiento hacia el sur de los organismos marinos, incluidas las especies de interés comercial, lo cual está íntimamente relacionado con los cambios en las características físicas y químicas de ambiente. Varios trabajos muestran que los frentes de la Corriente Circumpolar Antártica se están desplazando hacia el polo, a partir de observaciones de la temperatura, la salinidad y la altura del océano medida por altimetría satelital (Guille, 2008; 2014; Kim and Orsi, 2014). Esto tiene un impacto central sobre la fisiología, la composición y la distribución del fitoplancton, incidiendo directa o indirectamente sobre el

resto de los organismos marinos, desde el zooplancton hasta los predadores tope, dado estos vegetales se encuentran ubicados en la base de la trama trófica marina (Deppeler and Davidson, 2017).

Es dentro de este contexto que el sistema constituido por los ambientes terrestre y marino de Tierra del Fuego, el Atlántico Sur y la Antártida, representa un desafío extraordinario para la ciencia y la aplicación de sus hallazgos, ya que el mismo puede ser considerado como un “laboratorio natural” ideal para estudiar en detalle los procesos descritos precedentemente, que están íntimamente relacionados con el cambio climático y sus impactos en los ecosistemas naturales y las economías de la región. La idea de la constitución de un Polo de Ciencia y Tecnología en la región austral se relaciona entonces con el abordaje de este tipo de problemática de alta complejidad.

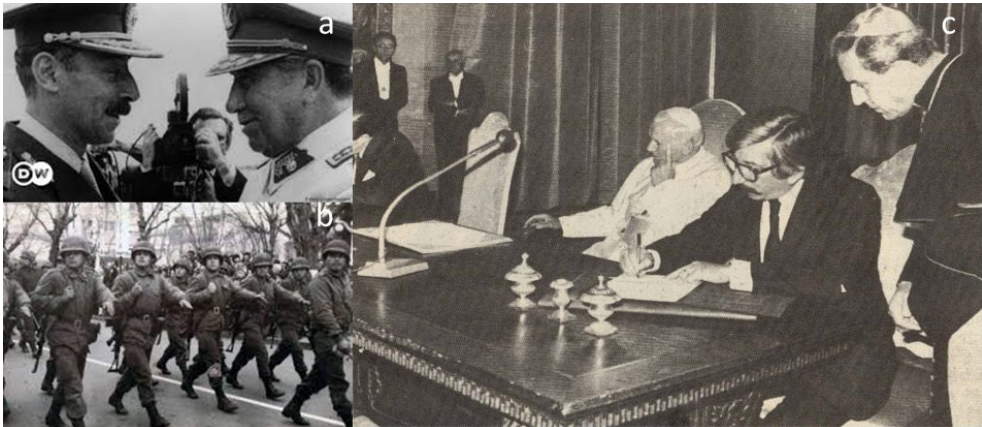
## DESAFÍOS GEOPOLÍTICOS.

Para la Argentina es una prioridad mantener y reforzar su presencia dentro de los reclamos soberanos de la región y esto incluye a la ciencia y la tecnología, ya que no solamente se trata de herramientas básicas para el desarrollo, sino que contribuyen al acercamiento entre las naciones. Dentro de la zona austral se encuentra, por un lado, el tema de la ocupación ilegítima de las Islas Malvinas por el Reino Unido de Gran Bretaña, lo cual representa el mayor problema de soberanía no resuelto. El puerto y la pista aérea de Puerto Argentino son un vínculo logístico central para las operaciones de ese país en la Antártida. A esto se ha sumado que, tanto en las Malvinas como en las Islas Georgias del Sur, durante los últimos años se ha incrementado significativamente la inversión para infraestructuras científicas. Un ejemplo de ello es la creación en 2012 por el ilegítimo Gobierno de las Islas del South Atlantic Environmental Research Institute (SAERI), el cual se convirtió en una organización independiente a partir de 2017 (<https://www.south-atlantic-research.org/>). El SAERI focaliza sus trabajos en varias disciplinas prioritarias para la región subantártica, a semejanza del CADIC. Sin embargo, dentro de su política existe una activa internalización de la ciencia, invitando a participar en sus actividades a investigadores de todo el mundo, como parte de una estrategia de fortalecimiento de la presencia británica enmarcada en el estudio y la protección del medio ambiente. Por otro lado, las actividades en la región han sido significativamente reforzadas con la incorporación de un buque rompehielos de última generación dedicado al apoyo logístico y la ciencia en la Antártida, el *RRS Sir David Attenborough*, cuyo armador es el Consejo de Investigación del Medio Ambiente Natural mientras que la operación se encuentra a cargo del British Antarctic Survey, el órgano encargado de la actividad antártica del Reino Unido. Desde la perspectiva de la ciencia y la tecnología, es prioritario balancear por parte de nuestro país el despliegue ascendente que se acaba de mencionar. Por lo tanto, la creación de un Polo Interinstitucional en Ushuaia representa una clara respuesta a esta es-

trategia, indispensable para desplazar el equilibrio de las actividades del conocimiento hacia el lado argentino.

Por el otro lado, aparece la interacción científica con la República de Chile, país con el cual la Argentina sostuvo un conflicto que casi lleva a ambos países a una guerra en diciembre de 1978, durante las dictaduras de los presidentes Jorge Rafael Videla y Augusto Pinochet Ugarte. Este tema fue zanjado gracias a la mediación del Vaticano, en ese entonces bajo la soberanía del Papa Juan Pablo II, quien presentó una propuesta en 1980 gracias a la cual se firmó el Tratado de Paz y Amistad luego del retorno de la democracia a nuestro país, en 1984, que se encuentra vigente en la actualidad (Fig. 9).

El Tratado presenta un protocolo para la solución de controversias, así como la creación de una Comisión Permanente de Conciliación. A partir de la resolución del conflicto en el Canal Beagle, ambos países fueron realizando un acercamiento cada vez mayor, en el cual las actividades científicas conjuntas fueron cumpliendo un rol de importancia creciente en la región sur, dada la gran superposición de intereses y problemas a encarar conjuntamente (i.e. la presencia de especies invasoras, la pesca artesanal, la presencia de floraciones de fitoplancton tóxico, etc.). Estos avances llevaron, en 2018, a la creación de la *Comisión Bilateral de Cooperación en Investigación Científica Austral*, promovida por un activo trabajo de las Cancillerías de Argentina y Chile. La filosofía de esta comisión es que ambos países se necesitan mutuamente para comprender los grandes desafíos relacionados con los impactos del cambio climático y su incidencia en el desarrollo socioeconómico sostenible de las comunidades que habitan la región. Asimismo, este criterio se proyecta hacia la Antártida donde, como se mencionó, existe una superposición en el reclamo de soberanía terri-



**Figura 9.** Conflicto en el Canal Beagle: a) Encuentro entre los generales Jorge Rafael Videla y Agustín Pinochet Ugarte; b) Tropas desfilando en Buenos Aires; c) Firma del Tratado de Paz y Amistad (Canciller Dante Caputo y a su derecha el Papa Juan Pablo II).



torial, al cual a su vez se agrega el reclamo del Reino Unido. Merece destacarse que durante 1952 y 1953, bajo las presidencias de Juan D. Perón y Carlos Ibáñez del Campo, la Argentina y Chile adoptaron una posición basada en acciones conjuntas orientadas a oponerse al reclamo del Reino Unido, lo que representa un antecedente de suma importancia. Más recientemente, los presidentes Macri y Piñera en 2018 y Fernández y Piñera en 2021, continuaron manteniendo este enfoque de acercamiento para la región austral. Un ejemplo en este sentido es la creación de una AMP en el Oeste de la Península Antártica, cuyo objetivo es proteger la biodiversidad y preservar los stocks de krill, un crustáceo clave en la trama trófica antártica y sujeto a explotación pesquera por parte de varios países. Los institutos antárticos de Argentina y Chile realizaron en 2019 una expedición trabajando conjuntamente en los aspectos científicos de esta iniciativa, que está pendiente de aprobación por la CCRVMA.

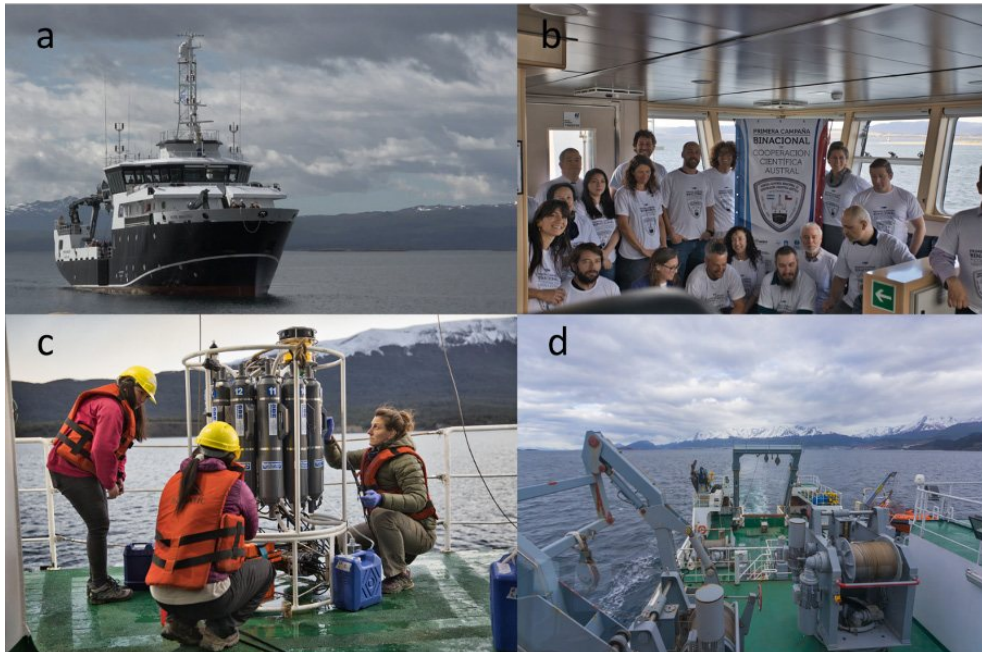
## COLABORACIÓN BILATERAL CON CHILE: UN ESTUDIO DE CASO.

Con la participación de seis instituciones argentinas y seis chilenas (ver lista en el anexo 3), en 2019 comenzó a desarrollarse un proyecto binacional, en el marco de las actividades pautadas en el seno de la Comisión Bilateral de Cooperación en Investigación Científica Austral. El Proyecto se denomina: ***Ocean Acidification and Hypoxia Impacts on High Latitude Marine Coastal Ecosystems: The Case of the Beagle Channel (Southern Patagonia – Argentina, Chile) (OCAH-Beagle)***. El financiamiento del proyecto provino de la entonces Secretaría de Estado de Ciencia y Tecnología (actualmente MINCyT), del CONICET y de la Fundación Príncipe Alberto II de Mónaco, con aportes en equipos del Centro IDEAL, de la Universidad Austral de Chile. El objetivo general del proyecto es comprender cómo los procesos de acidificación y de hipoxia, relacionados con el cambio climático, interactúan en el Canal Beagle, afectando el ciclo de carbono y modificando la biología de especies clave para el funcionamiento del ecosistema y otras que tienen interés económico.

El proyecto se ha estructurado según tres fases complementarias: Fase 1) Trabajo de terreno (campana oceanográfica), Fase 2) realización de experimentos en laboratorio con organismos clave del ecosistema y de interés económico y Fase 3) construcción de un sistema de observación de la acidificación y la hipoxia en el largo plazo, el cual representará un legado del proyecto.

La Fase 1 del proyecto se encuentra actualmente en desarrollo, habiendo comenzado con el primer crucero científico binacional en el Canal Beagle en noviembre de 2019, a bordo del BIP Víctor Angelescu (INIDEP) (Fig. 10). El objetivo de esta fase es la caracterización ambiental del estado actual del ecosistema del Canal Beagle en términos físicos, químicos y biológicos en la columna de agua. Actualmente, el equipo de investigación se encuentra preparando la publicación en un número especial de una revista de alto impacto internacional.





**Figura 10.** a) *BIP Víctor Angelescu*; b) *Equipo de investigación*; c) *Tareas a bordo*; d) *Cubierta de operaciones del BIP Víctor Angelescu*.

La Fase 2 es experimental y consiste en la realización de una serie de experimentos diseñados con especies seleccionadas del Canal Beagle, en laboratorios de Argentina y Chile, cuyo objetivo es estudiar las respuestas de los organismos a las condiciones actuales de acidificación y la de escenarios simulados según las previsiones del IPCC para 2100 (IPCC, 2019).

La Fase 3 dará comienzo en el último año del proyecto (2023), con el objetivo de sentar las bases para la creación de un sistema de observación en la Bahía Ushuaia, mediante la instalación de instrumentos de medición automática en el mar.

## CONSIDERACIONES FINALES.

De lo expuesto surge entonces la clara necesidad de mantener y fortalecer la colaboración científica con Chile, dadas las implicancias que la misma tiene en términos geopolíticos para la región, en este caso especialmente en lo que se refiere a la Isla de Tierra del Fuego, el Canal Beagle, el Pasaje Drake y la Antártida. El ejercicio de efectuar una campaña compartida utilizando una misma plataforma (*BIP Víctor Angelescu*) facilitó las interacciones entre los investigadores

de ambos países y redujo costos. En lo sucesivo, se espera poder alternar campañas a bordo de buques de ambos países y se está analizando la posibilidad de utilizar el mismo modelo de trabajo que el llevado a cabo en el Canal Beagle en campañas conjuntas involucrando al AMP Yaganes y al Parque Marino Islas Diego Ramírez-Paso Drake.

En un sentido más amplio, la creación de un Polo de Ciencia y Tecnología en Ushuaia implicará el establecimiento de un eslabón fundamental para la coordinación y la expansión de la actividad en la región austral, teniendo en cuenta la conectividad entre cada uno de sus sectores territoriales. Este tipo de iniciativa necesita de políticas de Estado estables en el largo plazo, dados los riesgos que implica la falta de desarrollo e inversión sobre los legítimos reclamos soberanos en la región.

## Anexo 1 - Lista de acrónimos.

**DNA:** Dirección Nacional del Antártico

**IAA:** Instituto Antártico Argentino

**CCA:** Comando Conjunto Antártico

**ARA:** Armada de la República Argentina

**EA:** Ejército Argentino

**FAA:** Fuerza Aérea Argentina

**IGN:** Instituto Geográfico Nacional

**MRECIC:** Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto

## Anexo 2 – Instituciones que forman parte de los Nodos de la ROMA.

**SGCTeIP:** Secretaría de Gobierno de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

**IAFE:** Instituto de Astronomía y Física del Espacio (CONICET- Universidad de Buenos Aires)

**CIMA:** Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET- Universidad de Buenos Aires)

**DCG:** Departamento de Ciencias Geológicas (Universidad de Buenos Aires)

**DNGAAyEA:** Dirección Nacional de Gestión Ambiental del Agua y los Ecosistemas Acuáticos.

**MADSN:** Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Nación.

**INQUIMAE:** Instituto de Química Física de los Materiales, Medio Ambiente y Energía (CONICET - Universidad de Buenos Aires)

**IIPA:** Instituto de Investigaciones en Producción Animal (CONICET - Universidad de Buenos Aires)

**IGEBA:** Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (CONICET - Universidad de Buenos Aires).

**PNA:** Prefectura Naval Argentina.

**INIDEP:** Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca)

**IADO:** Instituto Argentino de Oceanografía (CONICET)

**CIMAS:** Centro de Investigación Aplicada y Transferencia Tecnológica en Recursos Marinos Alte. Storni (CONICET)

**CESIMAR:** Centro para el Estudio de Sistemas Marinos (CCT CENPAT – CONICET)

**CIT-GSJ:** Centro de Investigaciones y Transferencia – Golfo San Jorge (CONICET)

**CIT-RG:** Centro de Investigaciones y Transferencia – Santa Cruz (CONICET)

**CADIC:** Centro Austral de Investigaciones Científicas (CONICET)

**IAA:** Instituto Antártico Argentino (Dirección Nacional del Antártico – Ministerio de Relaciones Exteriores, Comercio Internacional y Culto)

**SABIA-Mar:** Constelación de dos Satélites Argentino-Brasileños para Información del Mar

**CONAE:** Comisión Nacional de Actividades Espaciales

**INVAP:** Investigación Aplicada - Sociedad del Estado

### **Anexo 3 – Instituciones que participan en el proyecto OCAH-Beagle.**

#### **Argentina:**

Centro Austral de Investigaciones Científicas (CADIC-CONICET, liderazgo del proyecto)

Ministerio de Ciencia y Tecnología e Innovación (Iniciativa Pampa Azul)

Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-UNMDP-CONICET).

Instituto de Bioquímica y Medicina Molecular (IBIMOL-UBA-CONICET)

Instituto de Diversidad y Evolución Austral IDEAus (CCT CENPAT-CONICET)

### **Chile:**

Universidad Austral (Centro IDEAL)

Universidad de Magallanes

Universidad de Concepción

Centro de Investigación en Ecosistemas de la Patagonia (CIEP)

Centro de Estudios Avanzados en Zonas Áridas

Universidad de los Lagos

### **Referencias.**

Bindoff, N. L., W.W.L. Cheung, J. G. Kairo, J. Arístegui, V. A. Guinder, R. Hallberg, N. Hilmi, N. Jiao, M. S. Karim, L. Levin, S. O'Donoghue, S. R. Purca Cuicapusa, B. Rinkevich, T. Suga, A. Tagliabue, and P. Williamson, (2019): Changing Ocean, Marine Ecosystems, and Dependent Communities. Chapter 5: in IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. MassonDelmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N. M. Weyer (eds.)]. In press.

Bauer, J. E. et al., (2013): The changing carbon cycle of the coastal ocean. *Nature*, 504(7478): 61– 70, doi:10.1038/nature12857.

Chen, C.-T. A., (2003): New vs. export production on the continental shelf. *Deep Sea Res. Pt. II*, 50(6): 1327–1333, doi:10.1016/S0967- 0645(03)00026-2.

CIECTI. (2018). Centro Interdisciplinario en Estudios en Ciencia, Tecnología e Innovación. Lineamientos Estratégicos para la Política de CTI. Informe Final, Tierra del Fuego, 279 pp.



Deppeler, S. L. and A. T. Davidson. (2017). Southern Ocean Phytoplankton in a Changing Climate. *Front. in Mar. Sci.*, 4:40. doi: 10.3389/fmars.2017.00040.

Duarte, C. M. (2017). Reviews and syntheses: Hidden forests, the role of vegetated coastal habitats in the ocean carbon budget. *Biogeosciences*, 14:301–310. doi:10.5194/bg-14-301-2017

Fontana, P. (2014). *La Pugna Antártica. El Conflicto por el Sexto Continente (1939-1959)*. Guazuvirá Ediciones, Buenos Aires, 323 pp.

Genest, E. A. (1998). *Pujato y la Antártida Argentina en la Década del Cincuenta*. Secretaría Parlamentaria, H. Senado de la Nación, Buenos Aires, 89 pp.

Gille, S. T. (2008). Decadal-scale temperature trends in the Southern Hemisphere Ocean. *Journal of Climate*, 21: 4749–4765.

Gille, S. T. (2014). Meridional displacement of the Antarctic Circumpolar Current. *Phil. Trans. R. Soc. A* 372: 20130273. doi.org/10.1098/rsta.2013.0273

González, H. E., M. Graeve, G. Kattner, N. Silva, L. Castro, J. L. Iriarte, L. Osmán, G. Daneri, C. A. Vargas. (2016). Carbon flow through the pelagic food web in southern Chilean Patagonia: relevance of *Euphausia vallentini* as a key species. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 557: 91–110. doi: 10.3354/meps11826.

Guihou, K., Piola, A. R., Palma E.D. and M. P. Chidichimo. (2020). Dynamical Connections between Large Marine Ecosystems of Austral South America based on numerical simulations. *Ocean Sci.*, 16: 271–290. doi.org/10.5194/os-16-271-2020.

Holl, D., Pancotto, V., Heger, A., Camargo, S. J. and L. Kutzbach. (2019). Cushion bogs are stronger carbon dioxide net sinks than moss dominated bogs as revealed by eddy covariance measurements on Tierra del Fuego, Argentina. *Biogeosciences*, 16:3397–3423. doi.org/10.5194/bg-16-3397-2019.

Instituto Fueguino de Turismo. (2019). *Turismo de Cruceros 2018/2019*, 22 pp.

Iturraspe, R., Urciuolo, A. and R. Iturraspe. (2010). Spatial analysis and description of eastern peatlands of Tierra del Fuego, Argentina. *The Finnish Environment*, 38:385-400.

Kim, S. K. and Orsi, A. H. (2014). On the Variability of Antarctic Circumpolar Current Fronts Inferred from 1992–2011 Altimetry. *J. Phys. Oceanogr.* 44:3054-3071. doi: 10.1175/JPO-D-13-0217.1.

Krause-Jensen, D. et al. (2018): Sequestration of macroalgal carbon: the elephant in the Blue Carbon room. *Biol. Lett.* 14(6), 20180236, doi:10.1098/rsbl.2018.0236.

Ortega, A., Geraldi, N. R., Alam, I., Kamau, A. A. , Acinas, S. G., Logares, R., Gasol, J. M., Massana, R., Krause-Jensen, D. and C. M. Duarte. (2019). Important contribution of macroalgae to oceanic carbon sequestration. *Nature Geoscience*. doi.org/10.1038/s41561-019-0421-8.

Palma, F. I., Bozzano, G., Principi, S., Isola, J. I., Ormazabal, J. P., Esteban, F. D. and A. A. Tassone. (2021). Geomorphology and sedimentary processes on the Sloggett Canyon, Northwestern Scotia Sea, Argentina. *J. South Am. Earth Sci.*, 107:103-136.

Pérez-Haase, A., R. Iturraspe and J. M. Ninot. (2019). Macroclimate and local hydrological regime as drivers of fen vegetation patterns in Tierra del Fuego (Argentina). *Ecohydrology*, e2155: 1-17.

Sánchez, R. A. 2007. *Antártida: Introducción a un Continente Remoto*. Editorial Albatros, Buenos Aires, 245 pp.

Smale, D. A., Moore, P. J., Queirós, A. M., Higgs, N. D. and M. T. Burrows. (2018). Appreciating interconnectivity between habitats is key to blue carbon management. *Front. Ecol. Environ.*, 16(2): 71– 73, doi:10.1002/fee.1765.

## CAPÍTULO 15

# La Antártida como modelo de desincronización biológica y análogo espacial

**Daniel Eduardo Vigo**

Laboratorio de Cronofisiología  
Instituto de Investigaciones Biomédicas BIOMED (UCA-CONICET)

[dvigo@conicet.gov.ar](mailto:dvigo@conicet.gov.ar)

**Palabras clave:** ritmos circadianos, sueño; rendimiento, aislamiento y confinamiento extremos, desincronización biológica, análogos espaciales.

**Keywords:** circadian rhythms, sleep; performance, extreme isolation and confinement, biological desynchronization, space analogs.

### Resumen

Las condiciones extremas de aislamiento y confinamiento que caracterizan a las estaciones antárticas más aisladas, junto con la ausencia de luz natural que prevalece durante varios meses, las convierten en un modelo ideal para el estudio de fenómenos de desincronización biológica en humanos y para investigar diversos aspectos relacionadas con la exploración humana del espacio. Este capítulo presenta una descripción de los estudios científicos llevados a cabo desde 2014 en la base antártica argentina Belgrano II, centrándose en la investigación del impacto de la noche polar en diversas variables psicofisiológicas, así como en su utilización como análogo espacial.

## Abstract

### Antarctica as a model of biological desynchronization and space analogue.

The extreme conditions of isolation and confinement that characterize the most remote Antarctic stations, in addition to the permanent absence of daylight prevailing for several months, make them an ideal model for the study of human biological desynchronization and for investigating various aspects related to human space exploration. This chapter provides a description of scientific studies conducted since 2014 at the Argentine Antarctic station Belgrano II, focusing on the research of the impact of the polar night on various psychophysiological variables, as well as its use as a space analog.

### LA CONOCIDA HISTORIA DE PHINEAS GAGE Y SU RELACIÓN CON LA NEUROCIENCIA

En 1848 ocurrió uno de los episodios más notables en la historia de la medicina. Durante una explosión controlada en la construcción del ferrocarril Rutland & Burlington en Vermont, Estados Unidos, una barra de hierro de más de un metro de longitud y alrededor de tres centímetros de diámetro fue lanzada accidentalmente, atravesando el cráneo de Phineas Gage, uno de los operarios de la línea. Sorprendentemente, Gage sobrevivió y pudo levantarse y caminar poco después del accidente, a pesar de que la barra de metal atravesó su lóbulo frontal izquierdo, la parte del cerebro encargada de funciones como el control del comportamiento y la emocionalidad. Con el tiempo, sus amigos y familiares notaron cambios significativos en su personalidad. Gage, quien era conocido por ser un hombre tranquilo, trabajador y confiable, se volvió impulsivo, irresponsable y emocionalmente inestable después del incidente. El médico John Harlow, quien trató a Gage después del accidente, fue uno de los primeros en documentar y analizar el caso. Sus observaciones y los informes posteriores sobre el comportamiento de Gage desempeñaron un papel crucial en la comprensión del cerebro y su relación con la personalidad y el comportamiento humano. A partir de la observación de las consecuencias de la lesión en una zona específica, pudo establecer una correlación con una función cerebral.

Desde entonces, muchas ramas de las neurociencias han avanzado gracias a poder establecer este tipo de asociaciones, las cuales se exploran tanto en modelos animales como en estudios observacionales de personas que han experimentado lesiones neurológicas, como fue el caso de Gage. Un área relevante dentro de las neurociencias se centra en el estudio de los ritmos biológicos, los cuales están regulados por áreas específicas del sistema neuroendocrino. Su importancia está dada porque, al igual que en una orquesta, no solo somos un conjunto de instrumentos, sino un conjunto de instrumentos que siguen un ritmo y ejecutan una pieza en forma sincronizada, y esto es fundamental para la vida

y para la salud. Seguramente, el ritmo biológico más evidente sea el del ciclo de actividad y descanso, etapas que, para la mayoría de las personas, suelen suceder durante el día y la noche, respectivamente. Para poder sincronizar nuestros ritmos con el ciclo de luz y oscuridad del planeta, necesitamos de un estímulo, que es proporcionado mayormente por la luz natural de las primeras horas de la mañana. Ahora bien, recordando la historia de Gage, surge una pregunta: ¿es posible contar con una “barra de metal cronobiológica” que nos permita desincronizar los ritmos biológicos de una persona, para investigar a fondo sus mecanismos de regulación? Claramente, no sería ético replicar experimentalmente en humanos una situación análoga a la que vivió Gage, es decir, no podemos, en forma ética, privar completamente y durante periodos muy prolongados a un grupo de sujetos de la exposición a la luz natural. ¿O sí?

## UN MODELO DE DESINCRONIZACIÓN BIOLÓGICA

Lo hacemos anualmente. Los científicos y personal de apoyo que año tras año prestan servicio en las bases antárticas, eligen voluntariamente someterse a estas condiciones de privación de luz natural, sumadas a otras de confinamiento y aislamiento extremos. Las bases son centros de investigación estratégicamente ubicados en la Antártida, diseñados para facilitar y respaldar proyectos científicos en este entorno. Estas instalaciones proveen la infraestructura necesaria, alojamiento y suministros para equipos multidisciplinarios de científicos. Su función es fundamental para el desarrollo de la ciencia, ya que permiten estudios que van desde la geología y climatología hasta la biología marina y la astrofísica. Naturalmente, también se estudian los procesos de adaptación humana a este ambiente extremo y, en particular, cuál es el impacto de permanecer varios meses sin estar expuestos a la luz solar.

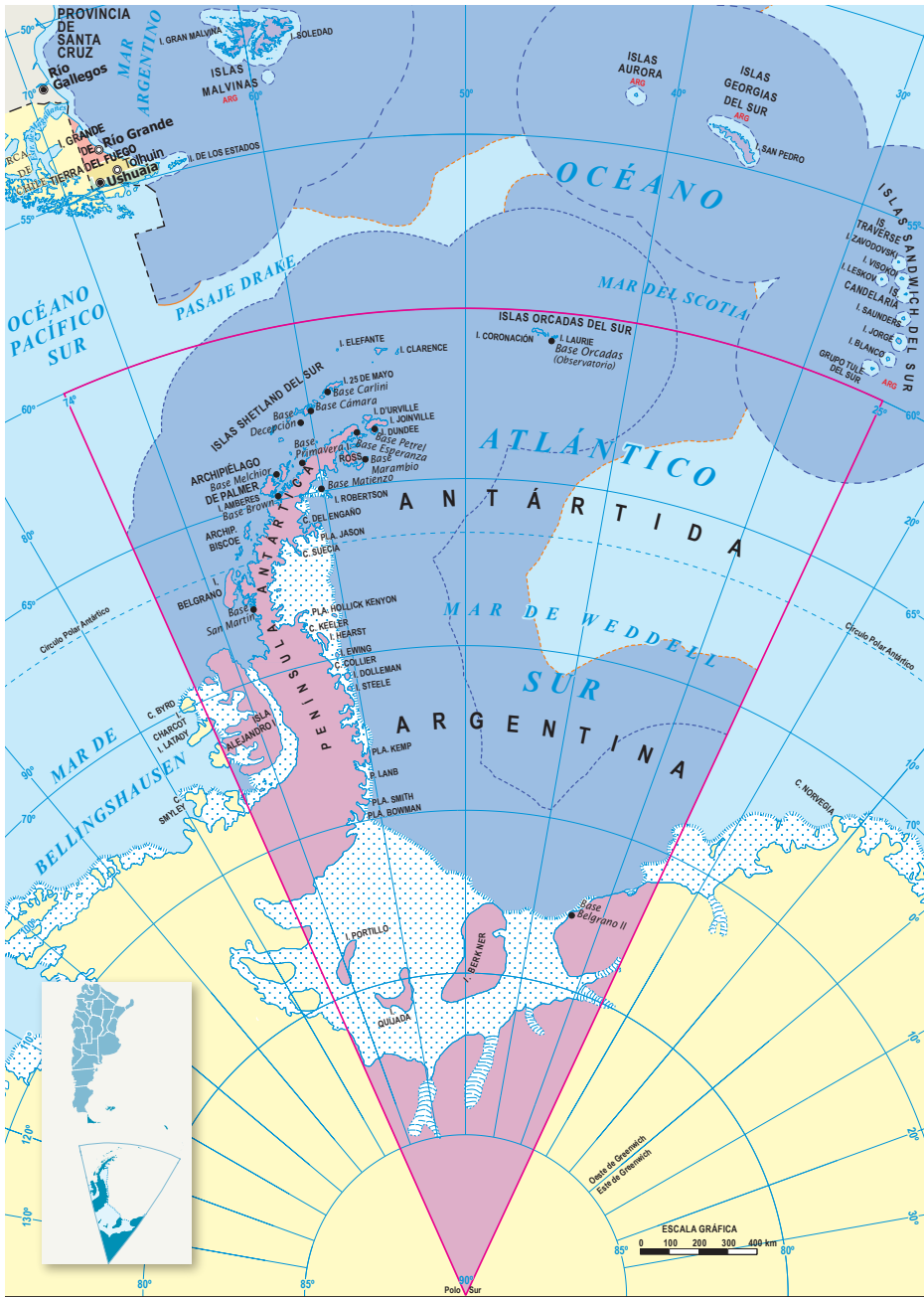
¿Cómo son las condiciones de luz y oscuridad en la Antártida? El fotoperiodo se refiere al número de horas de luz y oscuridad en un día. Es un fenómeno natural que varía a lo largo del año y está determinado por la órbita de la Tierra alrededor del Sol y de la inclinación de su eje de rotación. Durante los meses de invierno, que abarcan aproximadamente de abril a agosto, las bases más australes quedan sumidas en una oscuridad prácticamente total, fenómeno conocido como “noche polar”. Durante estos cuatro meses, la Antártida se encuentra inclinada en una posición tal que el sol no se eleva lo suficiente sobre el horizonte como para proporcionar luz diurna significativa. En su lugar, la región está sumergida en una penumbra constante, con una tenue luz crepuscular que apenas ilumina el paisaje.

La ausencia de un ciclo de luz y oscuridad claro puede desajustar nuestro reloj biológico interno, lo que puede llevar a trastornos del sueño. Las personas pueden experimentar dificultades para conciliar el sueño y para despertarse a la hora deseada. Además, la exposición limitada a la luz natural puede afectar el



estado de ánimo, contribuyendo a la aparición de síntomas de tristeza o depresión estacional. Algunas personas pueden experimentar dificultades en la toma de decisiones y en la realización de tareas complejas. Los ritmos circadianos también influyen en la regulación del apetito y el metabolismo. Durante la noche polar, es posible que las personas experimenten cambios en los patrones de alimentación y en la forma en que el cuerpo procesa los alimentos. Por último, la falta de luz natural puede dificultar la socialización con otras personas, lo que puede tener un impacto en las relaciones interpersonales. Para contrarrestar estos efectos, a veces se recurre a estrategias como la exposición a fuentes artificiales de luz brillante para ayudar a regular los ritmos circadianos.

Para el estudio de estos fenómenos, dentro de las bases antárticas argentinas, la base Belgrano II reviste un interés particular. La estación fue construida sobre afloramientos rocosos en 1979, sobre el nunatak Bertrab en la Tierra de Coats, a lo largo de la bahía Vahsel, costa Confin, a unos 1.300 km del Polo Sur ( $77^{\circ}52'26''S$ ,  $34^{\circ}37'40''O$ ) (Figura 1). Las temperaturas pueden descender por debajo de los  $-35^{\circ}C$  durante el invierno. En esta latitud, hay cuatro meses de oscuridad casi completa (mayo a agosto), cuatro meses de luz diurna permanente (enero, febrero, noviembre y diciembre) y cuatro meses donde se alternan el día y la noche (marzo, abril, septiembre y octubre) (Figura 2). Aunque el periodo operativo es todo el año, la base, totalmente aislada, solo es accesible durante el período de verano entre mediados de diciembre y finales de febrero. El acceso se realiza a través de un vuelo en helicóptero de unos 30 minutos que despega del rompehielos A.R.A. "Almirante Irizar". Las instalaciones de la estación incluyen varios laboratorios científicos que conforman el "LABEL" (Laboratorio Antártico Multidisciplinario Belgrano II). La base también cuenta con un gimnasio y algunas instalaciones médicas con equipo y capacidad para cirugía básica. El número de miembros de la dotación suele ser de alrededor de 20, incluyendo a un médico asistido por un enfermero. En caso de emergencia, las oportunidades de rescate son extremadamente limitadas. Los principales programas científicos llevados a cabo en la estación son sobre astronomía, geodesia, meteorología, monitoreo de ozono, geofísica, sismografía, estudios del sistema solar, estudios de la atmósfera y, en el campo biomédico, cronobiología del aislamiento antártico. Los programas forman parte del "Plan Anual Antártico", siendo el Instituto Antártico Argentino el organismo que coordina y dirige las investigaciones y estudios de carácter técnico-científicos vinculados a las actividades antárticas argentinas. El sostén logístico, a cargo del Comando Conjunto Antártico, incluye el transporte de personal y cargas en el marco de la Campaña Antártica anual.



**Figura 1.** Ubicación de las bases antárticas argentinas. La base Belgrano II es la más cercana al polo sur. Fuente: IGN.



**Figura 2.** Fotoperiodo extremo en la base Belgrano II. Izquierda: medianoche en verano. Derecha: mediodía en invierno. Fotografías cedidas gentilmente por Juan Manuel López.

La investigación en Ciencias de la Vida (en humanos) en estaciones antárticas argentinas se remonta a los estudios pioneros de Marta Barbarito a finales de la década de 1990. En colaboración con el grupo liderado por Antonio Peri de Italia, describió diversos aspectos de la adaptación psicológica al continente blanco. En el mismo período, existe un artículo sobre cambios en el metabolismo óseo a lo largo de un invierno en la Base Belgrano II. En 2014, se lanzó el proyecto “Cronobiología del Aislamiento Antártico: utilizando la Base Belgrano II como Modelo para la Desincronización Biológica y Análogo Espacial”, liderado por el Laboratorio de Cronofisiología (Instituto de Investigaciones Biomédicas, Universidad Católica Argentina y CONICET) en colaboración con el Laboratorio de Cronobiología (Universidad Nacional de Quilmes), la Universidad de San Andrés, el Instituto Antártico Argentino, el Comando Conjunto Antártico, el Programa de Neurodefensa, dependiente de la Coordinación de Bienestar, y socios europeos y de Estados Unidos y Canadá. El objetivo general del proyecto, que aún está en curso, es evaluar el impacto cronobiológico de un año de aislamiento antártico en las dotaciones de la base Belgrano II.

A lo largo de estos años, hemos realizado diversas publicaciones que describen el impacto de la noche polar en variables psicofisiológicas de interés. Por ejemplo, hemos descrito el papel del sueño diurno durante los meses de oscuridad. Se sabía que, durante el invierno antártico, se produce un retraso de fase en la hora de acostarse (las personas se acuestan más tarde) en los miembros de las dotaciones antárticas. Nuestro grupo ha corroborado este resultado, añadiendo la observación de que aquellos que duermen siesta tienden a hacerlo de forma más prolongada durante estos meses. Estos cambios son congruentes con un retraso en el cronotipo (el momento del día en que una persona es más propensa a tener actividad), lo cual significa que las personas se vuelven más “nocturnas”, tal como también hemos reportado. Además, hemos descrito cambios sutiles en la estimación temporal, es decir, en la forma en que una persona puede valorar la duración de un evento (en nuestro caso, los miembros de la dotación debían replicar la duración de un estímulo que aparecía en la pantalla de una computadora). Por otro lado, hemos analizado aspectos psicológicos y dinámicas sociales, describiendo que, hacia el final del periodo de confinamiento, se observa una disminución en el uso de mecanismos de resolución de problemas maduros (en contraposición a los evitativos) y modificaciones en cómo las personas perciben el apoyo de sus compañeros y superiores.

## UN ANÁLOGO ESPACIAL

Las condiciones hasta aquí descritas llevan a que las estaciones antárticas sean excelentes lugares para estudiar las condiciones de aislamiento y confinamiento extremo propias de los viajes espaciales, siendo reconocida en este sentido como un “análogos espaciales”. En lo referente a las consecuencias de la desincronización biológica, tanto para las misiones de la órbita terrestre baja, como para las futuras misiones a la Luna y Marte, el riesgo de disminución en

el rendimiento y alteraciones en el estado de salud producto de la pérdida de sueño, la desincronización circadiana y la sobrecarga de trabajo, es moderado y requiere mitigación. Este factor se puede estudiar, por supuesto, en las tripulaciones que habitan la Estación Espacial Internacional, donde el grado de realismo es máximo. Sin embargo, los costos, la logística y la presencia de otros factores, como la exposición a radiaciones y la microgravedad, atentan contra las conclusiones derivadas de estos estudios. En el otro extremo, encontramos los estudios de laboratorio, donde el investigador tiene control sobre las variables que estudia, pero el realismo es mínimo. Los estudios en las estaciones antárticas se encuentran en un excelente lugar intermedio, brindando cierto realismo respecto de las condiciones de asilamiento y confinamiento propias del espacio, al tiempo que los estudios que allí se realizan demandan costos y logísticas razonables. Así, las bases antárticas a menudo se utilizan como sitios de prueba para tecnologías y equipos que se utilizarían en misiones espaciales. Esto puede incluir trajes espaciales, sistemas de soporte de vida y otras tecnologías cruciales. El hecho de que muchas de las estaciones antárticas donde se realizan estudios de este tipo se encuentren ubicadas a altitudes cercanas o superiores a 3000 metros sobre el nivel del mar, donde la presencia de hipoxia hipobárica es un factor que modifica ciertas variables fisiológicas, es un punto relevante para considerar. Un ejemplo de esto es la base francoitaliana Concordia (ubicada a 3200 m.s.n.m.), donde la Agencia Espacial Europea (ESA) lleva a cabo estas investigaciones.

En este contexto, resulta interesante resaltar que, a pesar de estar tan aislada como Concordia (a la misma distancia del polo y compartiendo el mismo fotoperíodo), Belgrano II se encuentra a nivel del mar, lo que la convierte en un lugar propicio para llevar a cabo estudios comparativos con aquellos realizados en Concordia u otras estaciones ubicadas en altitudes elevadas. Dentro de este marco conceptual, la presencia ininterrumpida en la Antártida durante más de 100 años y los resultados científicos obtenidos han permitido establecer una colaboración entre Argentina y la ESA, con el objetivo de utilizar la Base Belgrano II como análogo espacial. Así, desde 2019 se han alcanzado varios acuerdos entre la ESA, la Dirección Nacional del Antártico (DNA), la Universidad Católica Argentina y la Agencia Espacial Argentina (CONAE) para llevar a cabo la actividad conjunta “Tempus Pro Antarctica”, consistente en una serie de pruebas para la validación operativa del sistema de telemedicina avanzada de la ESA “TEMPUS PRO”. Este dispositivo permite monitorear parámetros vitales como la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la frecuencia respiratoria y la temperatura, al tiempo que ofrece capacidades de ultrasonido, laringoscopia y electrocardiografía. La comunicación puede ser manejada a través de una conexión satelital segura o una red de internet. La primera validación operativa de este sistema consistió en una serie de pruebas realizadas en las Estaciones Antárticas Argentinas Belgrano II y Carlini durante la campaña antártica de invierno de 2020 (Figura 3). Una nueva fase del proyecto se llevó a cabo en 2022, ampliando el objetivo inicial para incluir el monitoreo del ejercicio de los miembros de la tripulación de invierno, la evaluación operativa de procedimientos para un dispositivo de imagen ocular basado en tabletas / teléfonos inteligentes y el



estudio de la ocurrencia de reacciones alérgicas como indicadores de estrés. En 2023, también se incluyeron actividades científicas relacionadas con el estudio de la percepción del tiempo y las interacciones sociales. Debido a los recursos limitados de la Estación Espacial Internacional y a la complejidad de llevar a cabo pruebas operativas y actividades científicas en el espacio, antes de intentarlas en vuelo, la ESA y en particular, el Centro Europeo de Astronautas (EAC) y el Centro Europeo de Investigación y Tecnología Espacial (ESTEC) utilizan una variedad de ‘análogos’ terrestres para probar ideas científicas y asegurarse de que las tecnologías estén listas para operar en el entorno espacial. En este sentido, el uso de la estación argentina Belgrano II tiene el potencial de complementar otros análogos espaciales ya bien establecidos.



**Figura 3.** Colaboración con la Agencia Espacial Europea. Izquierda: Dotación de la base Belgrano II perteneciente a la campaña invernal 2020 y científicos participantes a bordo del rompehielos A.R.A. “Almirante Irizar”. Derecha: Pruebas operativas del equipo Tempus-Pro en Belgrano II. Fotografías del autor.

## EL VALOR DE LA CIENCIA EN ANTÁRTIDA

Los estudios mencionados sitúan al país como un referente en el grupo de naciones que investigan la adaptación humana a entornos de aislamiento y confinamiento extremos, conocidos como entornos “ICE” (por sus siglas en inglés), especialmente en los campos de la cronobiología y la psicofisiología. En relación con la exploración humana del espacio, se considera que la preparación del viaje a Marte se lleva a cabo en paralelo a través de sinergias entre la investigación científica y el avance tecnológico realizado en instalaciones análogas en la Tierra, lo que brinda una oportunidad para nuestro país de participar en este esfuerzo. Finalmente, la estrecha comunicación con la comunidad científica nacional e internacional, así como con la sociedad en general, permite colaborar en el apoyo de los intereses argentinos y en el mantenimiento de la paz en el continente antártico y contribuir al continuo reconocimiento de Argentina como un actor de peso en el ámbito antártico internacional.

## AGRADECIMIENTOS

Camila Tortello y Santiago Plano (BIOMED, UCA-CONICET); Agustín Folgueira y Marcela Ovejero (Programa de Neurodefensa, Coordinación de Salud y Bienestar, Ministerio de Defensa); Diego Golombek (UNQui y UdeSA); Leandro Casiraghi (UdeSA); María Soledad Rivero y Edgar Calandín (Comando Conjunto Antártico); Juan Manuel Cuiuli (ex Comando Conjunto Antártico); Walter Mac Cormack y Estefanía Lozano (Instituto Antártico Argentino); Patricia Ortúzar (Dirección Nacional del Antártico); Marta Barbarito (ex Instituto Antártico Argentino); Guido Simonelli (Universidad de Montreal); Carole Dangoisse (Agencia Espacial Europea); Víctor Demaría - Pesce (ex Agencia Espacial Europea); autoridades pasadas de las instituciones participantes que apoyaron los estudios mencionados en este capítulo; médicos y enfermeros de las campañas 2014-2023 que los llevaron adelante; y miembros de la dotación que participaron como voluntarios.

## Bibliografía

1. Barbarito M., Baldanza S., Peri A. Evolution of the coping strategies in an isolated group in an Antarctic base. Vol. 37, Polar Record. 2001. p. 111-20. <https://doi.org/10.1017/S0032247400026930>
2. European Space Agency. Terrae Novae 2030+ strategy roadmap. 2022. Disponible en: [https://esamultimedia.esa.int/docs/HRE/Terrae\\_Novae\\_2030+strategy\\_roadmap.pdf](https://esamultimedia.esa.int/docs/HRE/Terrae_Novae_2030+strategy_roadmap.pdf)

3. Folgueira A., Simonelli G., Plano S., Tortello C., Cuiuli J. M., Blanchard A., Patagua A., Brager A. J., Capaldi V. F., Aubert A. E., Barbarito M., Golombek D. A., Vigo D. E. Sleep, napping and alertness during an overwintering mission at Belgrano II Argentine Antarctic station. *Sci Rep.* 2019 Jul 26;9(1):10875. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46900-7>
4. From Antarctica to space: telemedicine at the limit. [https://www.esa.int/Science\\_Exploration/Human\\_and\\_Robotic\\_Exploration/From\\_Antarctica\\_to\\_space\\_telemedicine\\_at\\_the\\_limit](https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/From_Antarctica_to_space_telemedicine_at_the_limit)
5. Oliveri B., Zeni S., Lorenzetti M. P., Aguilar G., Mautalen C. Effect of one year residence in Antarctica on bone mineral metabolism and body composition. *Eur J Clin Nutr.* 1999;53(2):88–91. <https://doi: 10.1038/sj.ejcn.1600681>
6. Peri A., Scarlata C., Barbarito M. Preliminary studies on the psychological adjustment in the Italian Antarctic summer campaigns. *Environ Behav.* 2000;32(1):72–83. <https://doi: 10.1177/00139160021972432>
7. The council of managers of national Antarctic programs (COMNAP). Antarctic Station Catalogue. COMNAP Secretariat. Christchurch, New Zealand, 2017. Disponible en: [https://www.comnap.aq/s/COMNAP\\_Antarctic\\_Station\\_Catalogue.pdf](https://www.comnap.aq/s/COMNAP_Antarctic_Station_Catalogue.pdf)
8. Tortello C., Agostino P. V., Folgueira A., Barbarito M., Cuiuli J. M., Coll M., Golombek D., Plano S. A.\* , Vigo DE. Subjective time estimation in Antarctica: The impact of extreme environments and isolation on a time production task. *Neuroscience Letters* 2020: 725 (23), 134893. <https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.134893>
9. Tortello C., Folgueira A., Lopez J. M., Didier Garnham F., Sala Lozano E., Rivero M. S., Simonelli G., Vigo D. E., Plano S. A. Chronotype delay and sleep disturbances shaped by the Antarctic polar night. *Sci Rep.* 2023 Sep 24;13(1):15957. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-43102-0>
10. Tortello C., Folgueira A., Nicolas M., Cuiuli J. M., Cairoli G., Crippa V., Barbarito M., Abulafia C., Golombek D., Vigo D. E.\* , Plano S. A. Coping with Antarctic demands: Psychological implications of isolation and confinement. *Stress and Health* 2020. <https://doi.org/10.1002/smi.3006>

## CAPÍTULO 16

# MAGALLANES Y LA EXPEDICIÓN QUE DESCUBRIRIA LA PATAGONIA. Parte I: antecedentes, personajes, preparativos e inicio del viaje

Luis A. Quesada-Allué<sup>1,\*</sup>  
Diana Sofía Gitlin<sup>2,\*\*</sup>

1. Asoc. Argentina para el Progreso de las ciencias. Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. Fundación Instituto Leloir e IIBBA-CONICET. Prof. Tit. Cons. Depto d Química Biol.FCEyN-UBA.
2. Ex Prof. UBA (CBC, FyB) y UTN); Ex.doc. UBA y U. California.  
(\*\*)Fallecida 21/8/2022.

\* lualque@iib.uba.ar

**Palabras clave:** *Patagonia, Patagones, Magallanes, Pigafetta, Estrecho, Molucas, Especias.*

**Keywords:** *Patagonia, Patagons, Magellan, Pigafetta, Strait, Molucca Spices.*

### Resumen

En este primer artículo se describe la preparación de la expedición que descubriría la Patagonia y la parte inicial del viaje trasatlántico hasta llegar a Brasil. Se recopilan y comentan antecedentes, del perfil de Magallanes y del relator de su viaje Pigafetta.

## Abstract

### Magellan and the expedition that would discover Patagonia: Part I: background, characters, preparations and beginning of the trip

This article describes the preparation and the first part of the expedition that discovered Patagonia, until arrival to Brazil. The profiles of Magellan and of Pigafetta, relator of the trip, are compiled and commented.

## INTRODUCCION

Cuando se habla de la Patagonia, subyace el apasionante encadenamiento de hechos asociados al descubrimiento y bautizo de ese territorio, desconocido hasta 1520. Fue protagonista central de la saga el navegante portugués Fernão de Magalhães, naturalizado español como Fernando (o Hernando) de Magallanes, que fue inmortalizada por el aventurero y narrador veneciano Antonio Pigafetta.

Si bien quienes escribimos este artículo no somos historiadores, solamente lectores educados y recopiladores de los estudios de otros, nos pareció importante hacer un breve resumen actualizado, a modo de revisión general, de lo que se conoce sobre las circunstancias y ulterior proyecto que llevaron a Magallanes a buscar el paso hacia la codiciada Especiería, explorando la parte de territorio entonces desconocida de la actual Argentina. Para ello se pretende resumir, aunque sea muy someramente, la educación, personalidad y sobre todo, las experiencias de Magalhães previas a su búsqueda de una nueva vía marítima al Asia; que lo inmortalizaría, y le haría perder la vida. También pareció importante ofrecer una breve interpretación de las diferentes versiones existentes sobre los antecedentes históricos, la cartografía conocida en 1519 y sobre los trámites, preparativos y desarrollo inicial de la expedición.

En esta primera parte, además de consultar numerosas versiones del viaje y de la biografía de Magallanes, hemos seguido el relato de Pigafetta describiendo el inicio de la expedición hasta la llegada de la misma a tierras Americanas. En la segunda parte (Quesada-Allué y Gitlin, 2023) desarrollaremos el análisis de la cadena de eventos relatados por Pigafetta y otros sobre el descubrimiento de la Patagonia y el misterio que rodea al topónimo elegido por Magallanes.

## LOS VIAJES AL SUR DE AMÉRICA ANTERIORES AL DE MAGALLANES

A raíz de los viajes de Cristóbal Colón y de la voluntad de dirimir conflictos, evitando una guerra, el tratado de Tordesillas, firmado en 1494 entre los reyes

Magallanes y la expedición que descubriría la Patagonia...





**Figura 1.** representación (circa 1500) de la línea imaginaria trazada de polo a polo, que repartía tierras y océanos entre las dos potencias coloniales ibéricas.

Juan II de Portugal e Isabel y Fernando, de Castilla y Aragón, había establecido una línea imaginaria separando zonas de influencia y dominio de esos reinos. Esa línea pasaba a 370 leguas al oeste de las Islas de Cabo Verde, dividiendo así el mundo conocido y por conocer entre Portugal y España (Figura 1)

En el marco geopolítico de la época, hay que tener en cuenta que la competencia entre ambas potencias europeas en pos de bienes, especias y esclavos era feroz, espiándose y frecuentemente conspirando contra las iniciativas rivales. Varias expediciones portuguesas y españolas, públicas y encubiertas, navegaron por las nuevas tierras descubiertas por Colón y atravesaron el ecuador hacia el Sur, sobre todo a partir de 1498. En ese año, según su cuaderno “Esmeraldo De Situ Orbis” (Pacheco Pereira, 1892) parece llegó hasta Brasil, en expedición portuguesa secreta, el navegante y cosmógrafo Duarte Pacheco Pereira. Habría recorrido parte de la costa, descubriendo el Amazonas. Este extraordinario cosmógrafo y navegante fue cartógrafo asesor de la parte portuguesa en el mencionado Tratado de Tordesillas. Los estudios de Barradas de Carvalho (1983), Couto (1995) y otros, dan crédito a la veracidad de dicho descubrimiento. El libro de Pacheco Pereira fue mantenido en secreto por los portugueses y objeto de codicia y robo por parte de varios espías (Diffe, 1977). En 1499, una expedi-

ción privada castellana comandada por el español Vicente Yáñez Pinzón (Bicente Yañes) pierde de vista a la estrella polar, navegando hacia el Sur. Costeando Venezuela llegaron hasta Brasil, en Enero de 1500. Un mes después llegaría otra expedición privada de su primo Diego de Lepe, considerada por su derrotero “gemela” de la de Pinzón. Ambos convoyes, que en principio estaban en territorio otorgado a Portugal, llegaron hasta el Amazonas. Por tanto, pareciera que varias expediciones, conocidas y desconocidas, habrían llegado a Brasil antes de su descubrimiento “oficial”. Curiosamente, existe la hipótesis de que Pinzón, que había sido lugarteniente del marino francés Cousin (de Dieppe), habría llegado con él a territorio americano, en 1488, antes que Colón (Fernández Duro, 1896).

Contando con los datos secretos de Pacheco Pereira, en Abril de 1500 llegó a Brasil, para tomar posesión del territorio, Pedro Alvares de Cabral, en lo que se considera el descubrimiento oficial de esas tierras. El supuesto destino de la expedición era Calcuta, en la India, pero después de una gran tormenta y de un peculiar y aparentemente deliberado cambio de derrotero, avistaron tierra (oficialmente desconocida) del nuevo continente, que llamaron “De la Santa Cruz”. No se ha podido aclarar debidamente si el desvío y subsecuente descubrimiento fue por presunto azar o, como todo parece indicar, por secreta intención. La línea aproximada de Tordesillas otorgaba a Portugal sólo la parte más oriental de Brasil. Ulteriormente el límite no sería respetado por los portugueses, que avanzaron hacia el Oeste y hacia el Sur, invadiendo zona otorgada a España por el tratado.

También supuestamente, en alguna de las expediciones secretas portuguesas, en 1499 o 1501, relatadas por Américo Vespucci en su condición de presunto participante, se habría llegado hasta el actual Uruguay y quizás más al sur (Da Naia, 1960). Finalmente, la expedición oficial castellana comandada por Juan Díaz de Solís, intentando encontrar un paso a las Molucas, recién llegaría al Río de la Plata (bautizado Mar de Solís) en 1516, tres años antes del viaje de Magallanes.

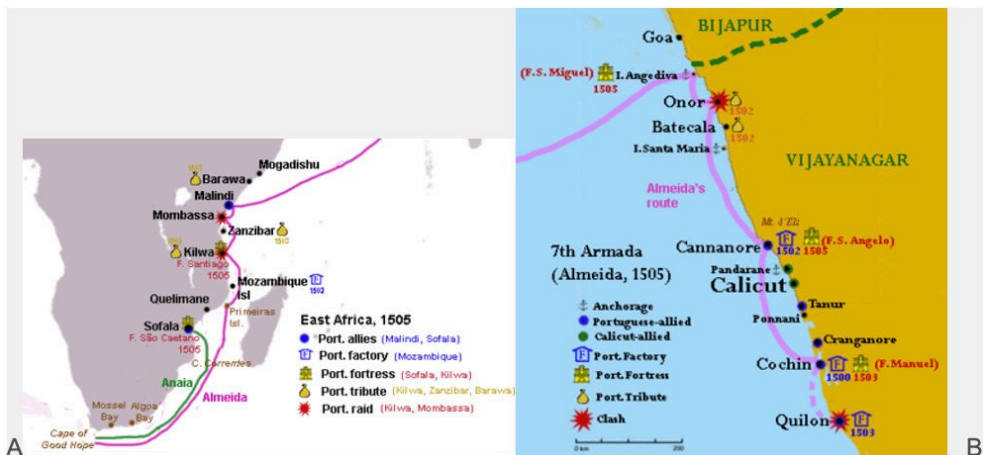
## MAGALHÃES

Fernão de Magalhães, nació probablemente en 1480, en alguna ciudad del norte de Portugal no determinada<sup>1</sup>, cercana a Oporto. Pertenecía a una familia culta de la pequeña nobleza de esa ciudad. Era hijo de Rui de Magalhães y de Inês Vaz Moutinho, El padre fue Caballero del Señorío de Aveiro y ejerció cargos de juez, procurador y concejal. Cuando tenía solamente 10 años, Fernão entró a servir como paje en la corte de Leonor de Viseu (Leonor de Lancaster), reina consorte, esposa del Rey Juan II de Portugal. Además de aprender música, danza y equitación, Fernão estudió Matemáticas, Náutica, Cartografía y Astronomía con los mejores docentes de la corte de Lisboa. Para los criterios del siglo XVI, era una persona muy preparada y educada, buen lector, probablemente también de

novelas de caballerías; pero al mismo tiempo, más tarde, como navegante, se lo consideró un excelente militar, duro, altanero y resuelto, rápido para tomar resoluciones sin demasiadas contemplaciones.

A partir de 1505 participó como marino en varias expediciones de la armada portuguesa (Figura 2). En ese año fué enrolado en la séptima armada de la India destinada a instalar como Virrey de ese territorio a Francisco de Almeida, protegiendo los establecimientos portugueses. Para asumir como “Vice Roy”, éste debía construir cuatro fortalezas en el continente; y además debía asegurar la existencia de puestos seguros en el Océano Indico<sup>3</sup>. En Africa oriental Magalhães, habría peleado en Sofala (continente) y Kilwa (Quiloa, Isla) y luego con los expedicionarios habría tomado parte de la toma de Mombassa (Kenia) (Marquez Montero, 2020), (Figura 2 A). Una vez en el sur de la India, Magalhães fué herido en la batalla de Cananore (Kerala), en Marzo 1506; y probablemente haya participado de otras batallas en la guerra contra hindúes gujaratíes aliados a egipcios.

En Noviembre 1506 Magalhães parte de Kochin (Kerala) en una expedición militar a las órdenes de Nuño Paz Pereira para sofocar revueltas de los nativos en Tanzania y luego Mozambique. En 1507 habría participado del bombardeo a la Isla de Ormuz. Más tarde quizás también estuvo en la decisiva y victoriosa batalla frente a la isla de Diu (2 de Febrero de 1509). Allí, al mando del Virrey Almeida, la flota portuguesa combatió contra las naves aliadas del imperio Otomano<sup>3</sup>, de los mamelucos de Egipto y de la Republica Veneciana. En 1509, Magalhães participó como miembro de la armada comandada por Diego López de Siqueiras, que se dirigió a la península de Malaca, haciendo escalas en las islas de Madagascar, Ceilan y Sumatra. El 11 de Septiembre de ese año avisó a Siqueiras,



**Figura 2.** Expedición a Africa (A) India (B) del Virrey Almeida. Tomada de [https://gaz.wiki/wiki/es/7th\\_Portuguese\\_India\\_Armada\\_\(Almeida,\\_1505\)](https://gaz.wiki/wiki/es/7th_Portuguese_India_Armada_(Almeida,_1505)).



Figura 3. Retrato de Fernando (Hernando) de Magallanes (antes Fernão de Magalhães).



que se encontraba en reunión con los nativos, de una traición en marcha, salvándolo. Y también salvó de muerte segura, en dos ocasiones de combate, a su comandante y quizás pariente, Francisco Serrão, quedando muy unidos de por vida. En 1510, participó en la conquista definitiva de Goa, en la India (Figura 2 B) y al año siguiente de la segunda expedición a Malaca comandada por Alfonso de Albuquerque (el nuevo Virrey), donde la ocuparon.

Su desempeño en las campañas fue reconocido, siendo promovido y regresando a Europa con un rico botín y un esclavo, Enrique de Malaca<sup>2</sup>. Para ese entonces, Magalhães (Figura 3) ya era considerado un avezado militar y marino. Entretanto, Serrão fue parte de la expedición a las islas de las especias (las Molucas, Maluku), que teóricamente correspondían a España según Tordesillas. Se instaló como consejero militar en un sultanato y desde allí mantendría frecuente correspondencia con Magalhães, informándole sobre las riquezas de la Especiería. Estas cartas fueron decisivas, ya que años después, tornado ya Magallanes, presentaría algunas de estas cartas a Carlos I, como “bibliografía” sustentatoria de su propuesta de expedición.

Vuelto a Lisboa en 1512, Magalhães participó de la expedición al Norte de África de Jaime de Braganza. Cuando peleaba en la batalla de Azammor, donde el ejército portugués luchó contra los fesíes (marroquíes), Magalhães fue herido de un lanzazo en la rodilla y quedó renco de por vida. Su comandante, Juan de Meneses, lo distinguió con un nombramiento de Cuadrillero Mayor y le otorgó responsabilidades importantes en la administración de bienes incautados a los vencidos y en el manejo de prisioneros. Pero en 1514 muere Meneses, y los enemigos de Magalhães urden un complot para acusarlo falsamente de abusos y malversaciones; y como consecuencia es procesado. Por su carácter altanero y convencido de su inocencia, Fernão no le dió importancia a la imputación y regresó a Lisboa; pero se vió obligado a volver a África para defenderse de las acusaciones. Tras ese oscuro episodio donde fue arteramente acusado de enriquecerse, Magalhães fue declarado inocente y regresó a Portugal. En Lisboa se encontró, a los 34 años, sin empleo, con una pensión que consideraba insuficiente y sin que el Rey, al cual entrevistó, satisficiese sus reclamos de aumento y eventual ascenso.

## LA OBSESIÓN CON EL PASO OCCIDENTAL A LAS MOLUCAS

A partir de los viajes de Colón, seguían generándose constantemente expediciones portuguesas y españolas (conocidas o secretas) hacia las Indias de Colón, aceptadas como nuevo territorio, y hacia el Lejano Oriente, en busca de nuevas riquezas, seda, especias, oro y piedras preciosas. En particular, Portugal y España habían apuntado a evitar el control turco<sup>3</sup> y romper definitivamente el oligopolio comercial de Venecia, Génova y otros estados itálicos sobre la importación de las cotizadas especias (Canela, Pimienta, Nuez moscada, Clavo, Jengibre). Portugal había adquirido un rol decisivo, desde que Vasco de Gama



había llegado a la India en 1498, rodeando África; abriendo así una nueva ruta comercial monopólica, que competía con las antiguas rutas tradicionales de las especies eludiendo controles turcos y árabes.

A su regreso a Lisboa, Magalhães contaba con mucha experiencia sobre la India y las nuevas islas descubiertas por los portugueses (Ruiza et al, 2014). Por las mencionadas cartas de Francisco Serrão y por correspondencia con otros capitanes amigos, estaba al tanto de la riqueza en especias de las islas Molucas, con datos fehacientes sobre las mismas. Magalhães era una persona muy informada para la época, y como cartógrafo, estaba especialmente atento a las novedades referidas a posibles rutas alternativas a Maluku, relatadas o plasmadas en nuevos documentos (ver abajo). El tema de la Especiería despertaba vivamente su interés, y contando con dominio de la cartografía, sólida formación como navegante y experiencia como militar, estaba convencido de poder comandar una expedición para encontrar el anhelado paso occidental a las indias. Convencido de su existencia, pensaba que la ruta a las Molucas sería mucho más corta. Las dos coronas ibéricas ya habían intentado reiteradamente descubrir esa vía. Geopolíticamente, Inglaterra también perseguía en secreto la misma meta. Ya en 1497 y 1498 el navegante genovés-veneciano Giovanni Caboto había buscado para Inglaterra un paso a Asia por el Atlántico Norte, llegando a Canadá y a Groenlandia.

## LA CARTOGRAFÍA EXISTENTE HASTA 1507

Desde la época del esplendor helénico, entre los cartógrafos y otra gente educada no había ninguna duda sobre la redondez de la Tierra. Ya Parménides y Pitágoras habrían supuesto su esfericidad, mientras que según sus escritos Platón la consideraba globular. Aristóteles analizó la proyección de la tierra sobre la luna cuando se producían eclipses, así como la diferencia de altura de astros sobre el horizonte, dependiente de la latitud. Por eso postuló, por primera vez, la posibilidad de llegar a la India navegando hacia el Poniente. Eratóstenes calculó con gran acierto, aproximadamente 40.000 Km, (252.000 estadios egipcios de 157,5 m) para la circunferencia de la Tierra, observando la diferente inclinación de los rayos del Sol entre dos ciudades, al mediodía del solsticio de verano. Pero a Posidonio de Apamea los cálculos le dieron una circunferencia mucho menor que a Eratóstenes, sólo 180.000 estadios. Ptolomeo creyó en esta medida errónea, haciendo que, mucho más tarde, la mayoría de cartógrafos y también Magallanes la creyeran<sup>4</sup>. Este tuvo una gran sorpresa con las distancias, cuando viajaba hacia Asia, una vez sobrepasado el estrecho.

En los 23 años que siguieron al descubrimiento de América se había publicado una numerosa cartografía, a veces mezclándose lo real, documentado por expediciones, con lo aproximado o imaginado, basado en relatos informales de navegantes e incluso en posibles fabulaciones como las de Vesputio (Lasa y Luiz, 2019). El más antiguo mapa conservado donde además de las nuevas islas, apa-



**Figura 4.** Planisferio de Juan de la Cosa (1500). Las nuevas tierras en verde a la izquierda, con gran distorsión de distancias y latitudes.



**Figura 5.** El llamado planisferio de Alberto Cantino, con lo conocido de America. Aunque no se sabe quien lo diseñó, Cantino lo firmó con su nombre y lo llevó a Italia en 1502.

rece representado el nuevo continente, es el del marino santanderino Juan de la Cosa (Figura 4). Está hecho en pergamino y coloreado, y recopila lo conocido oficialmente hasta 1500.

Su fama se basa en que es el más antiguo que se ha conservado ilustrando la parte (públicamente) conocida de America a fin del S XV. Muestra la costa desde el cabo de la Vela al de San Agustín y una parte del Brasil actual. Supuesta-

mente el mapa recopiló los descubrimientos durante los tres viajes de Colón, de 1492, 1493 y 1498, así como los de Ojeda, Vespuccio, el propio Juan de la Cosa, Vicente Yáñez Pinzón y Caboto. Incorporó también los datos cartográficos de la expedición de Vasco de Gama (1497-1499). Además de este mapamundi precursor, y de las cartas de navegación portuguesas y españolas en uso, entre los mapas de mayor interés para Magalhães, habían destacado los planisferios de Alberto Cantino de 1502 (Figura 5) ("*Carta da navigare per le Isole nouam tr in le parte de l'India: dono Alberto Cantino al S. Duca Hercole.*") y el de Caverio, (aproximadamente de 1506), donde se graficaba lo conocido del Brasil. Estos mapas contenían datos oficialmente desconocidos, seguramente obtenidos en expediciones secretas; como la representación de Florida, mucho antes de ser oficialmente descubierta. Cantino, agente diplomático y espía del duque de Ferrara (Italia), encargó a un cartógrafo anónimo de Lisboa una carta conteniendo la información secreta de la Casa de Indias portuguesa. Hay que tener en cuenta que el espionaje y tráfico de mapas era algo habitual, aunque muy peligroso ya que estaba severamente castigado. Por ejemplo, el rey Juan II de Portugal había dispuesto la pena de muerte para quien intentara o lograra exportar cartas fuera del reino, cosa que Cantino obviamente arriesgó.

Los datos proporcionados por las presuntas notas/cartas manuscritas de Américo Vespuccio, y sobre todo su aparente concepto de considerar a las nuevas tierras occidentales como un nuevo continente, influyeron enormemente en la cartografía de la época, especialmente en el trascendental planisferio de Waldseemüller (ver abajo). Pero notoriamente, no se conocen esquemas cartográficos ni de navegación, ni mapas, generados por Vespuccio, anteriores al viaje de Magallanes. Esto resulta llamativo ya que se ha sospechado que Vespuccio acostumbraba traficar con información. No parece clara la autenticidad de alguna de las famosas seis cartas atribuidas a éste navegante y comerciante, cuatro de las cuales habría dirigido a Lorenzo di Pierfrancesco de Médici, su antiguo patrón, con dudas sobre algunos de los datos narrados en las mismas. También se considera cuestionable la veracidad de la hipotética participación de Américo en alguna de las seis expediciones mencionadas. Probablemente participó en dos y a lo sumo en cuatro. La cuestión es que falsas o no y con datos muy sospechados posteriormente, en la época las cartas tuvieron gran difusión e influencia. En la primer carta a Pierfrancesco ("de Sevilla", del 18/7/1500) dice haber participado en 1497 y/o 1499 de expediciones castellanas al Mundo Nuevo; pero el original se ha perdido. En la expedición de 1499 (sería la liderada por Alonso de Ojeda) llegaron a la actual Venezuela y Vespuccio se atribuyó, como veneciano, haber puesto el nombre a esas tierras. En la tercer carta ("de Lisboa", de 1502) habla de una expedición portuguesa que habría tocado tierra en un lugar desconocido aproximadamente a la altura de 32º de latitud Sur (curiosamente no menciona habitantes como en la primera). La carta más famosa y de mayor influencia fue la cuarta, "Mundus Novus" que supuestamente sería un resumen de la Carta de Lisboa, confirmando la expedición en 1501 de tres naos portuguesas. Fundamental para la historia y para las ideas de la época, allí se afirma que las costas exploradas de ese mundo nuevo pertenecen a un continente y no a una isla. Los expertos consideran real una parte de lo narrado, aunque dudan

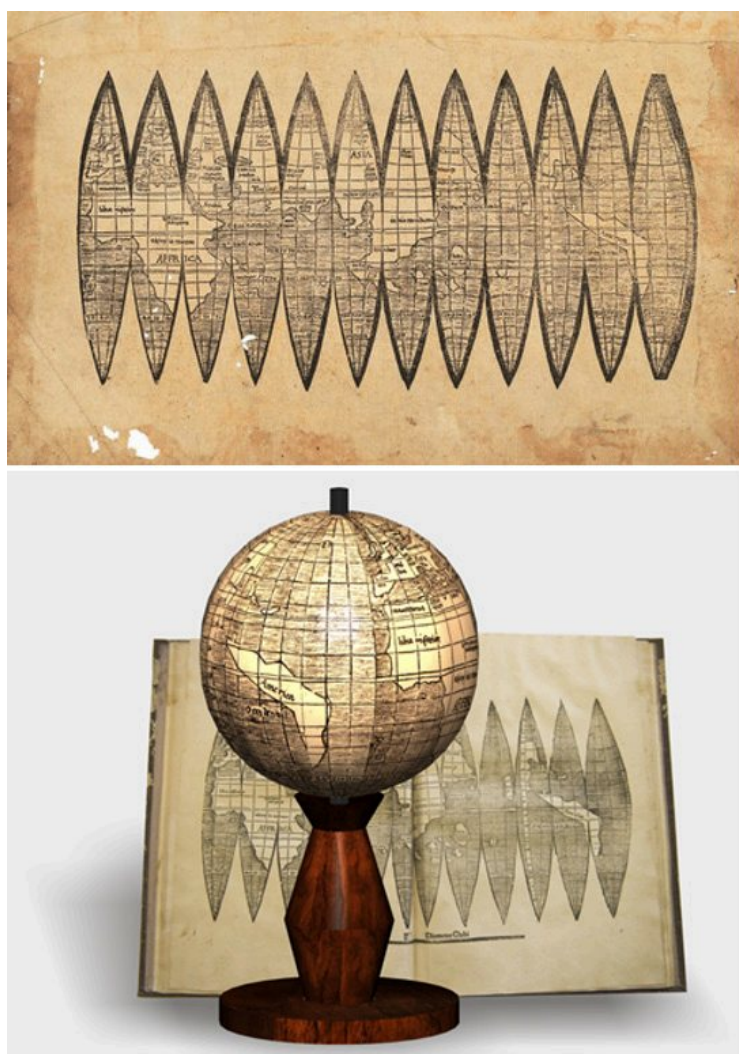


de la importancia que atribuyó Vesputio a su participación. En su sexta carta de 1505 (“de Florencia”), con tono sensacionalista de auto-promoción, vuelve a ratificar los presuntos viajes castellanos de 1497 y 1499. Todo indica que el primero de ellos no habría existido y que, por reclamos de Colón, al de 1499 le habrían cambiado la fecha por 1497 (Andrade, 1958). Luego habla de la expedición portuguesa de 1501 y de una mayor, de seis barcos, en 1503. Pohl (1944) y otros autores están, convencidos del carácter fabulador de Vesputio. Incluso se postula la existencia de una conspiración contra Colón que habría fabricado esas falsas cartas atribuyéndoselas a Vesputio, sabiendo que a su vez éste acostumbraba atribuirse méritos de otros.

Según relata Pigafetta, Magalhães, que tenía familiaridad con la mayoría de la cartografía pública, conoció en Lisboa un mapa secreto de Martin Behaim (Martín de Bohemia<sup>2</sup>), cartógrafo del Rey de Portugal, que indicaba un paso por el sur de la “Terra Nova”. Este dato escrito en alemán (presuntamente en base al viaje de la nave *Newen Zeitung*, en 1514) habría estado basado erróneamente en el relato de un barco portugués que habría llegado al enorme estuario del río de Solis, tomándolo como el paso al Asia. El mapa de Behaim está desaparecido, quizás por ser único y extremadamente secreto, pero existen varias alusiones a la existencia del mismo (Hennig, 1948; Morris, 1855; Pigafetta, 1525). Behaim era famoso por ser el autor del famoso globo *Erdapfel* en 1492. Por otra parte, no se puede descartar que en realidad Magalhães haya visto el mapa de otro cartógrafo. Pero los documentos más importantes para Magalhães y Faleiro fueron –sobre todo– los generados en la Abadía de Saint-Dié-des Vosges, en Lorena. Fue fundamental para el futuro proyecto de exploración el *Mapamundi* publicado en 1507 por el Canónigo de esa abadía y eximio cartógrafo Martín Waldseemüller (*Hylacomilus Waltzenmüller*) (Levinas y Vidal, 2016). Realizado bajo el pa-



**Figura 6.** *el innovador y luego famosísimo planisferio de Waldseemüller.*



**Figura 7.** El mapa de Waldseemüller en husos (1507) para ser utilizado en la construcción de un globo terráqueo (abajo, reconstruido modernamente).

trocinio de Renato II de Lorena y en colaboración con Mathias Ringmann (Philesius Vogesigen )y otros cartógrafos del *Gymnasium Vosagense*, este planisferio (Figura 6) se inspiraba en la tradición Ptolomeica<sup>4</sup> y había sido publicado en un Atlas con otros mapas (*Universalis cosmographia secunda Ptholemei traditionem et Americi Vespucci aliorum que lustrationes*). Los cartógrafos habían tenido en cuenta no solamente todo lo conocido más o menos públicamente hasta la época, sino probablemente también datos y cartas de navegación secretas, de portugueses y españoles (Levinas y Vidal, 2016). Waldseemüller aparentemente suplementó mapas previos con datos de fuentes nunca reveladas; y quizás





**Figura 8.** Detalle de la carta de Waldseemüller, donde por primera vez aparece el nombre de América.

tuvo acceso a documentos secretos en manos del Papado, gracias a especiales contactos personales.

El Mapamundi, publicado con otras cartas y también en husos para construir globos terráqueos (Figura 7) en la *“Universalis Cosmographia”* ha pasado a la historia no sólo por el avance cartográfico que representaba, sino sobre todo por tres hechos que resultarían primicias trascendentales:

- a) Fue el primer mapa donde aparece el previamente denominado “Mundus Novus” o “Terra incognita” con el nombre de América; escrito en la zona que ahora sabemos es Sudamérica (Figura 8). Esto fue consecuencia de un error, probablemente de Ringmann, quien creyó que Amerigo Vespucci había sido el descubridor y por tanto le pareció lógico llamar América a esas tierras. Según los historiadores, habría sido un error involuntario y no una conspiración maliciosa. Cuando se dieron cuenta del error ya era tarde para remediarlo, aunque Waldseemüller lo intentó mas tarde sin éxito.
- b) Como aporte trascendental (y misterioso), el mapamundi mostraba en 1507 la existencia de un océano, separando el nuevo continente de Asia; a pesar de que oficialmente todavía hoy se asume que este océano no sería avistado hasta 1513, en Panamá, por Vasco Núñez de Balboa, 6 años más tarde de la publicación de la *“Universalis Cosmographia”*.



**Figura 9.** Detalle de la carta de Waldseemüller, donde por primera vez se insinúa un paso entre océanos. El diseño del extremo de América que lo sugiere está colocado aproximadamente en el paralelo 40 LS (una latitud aproximada a la de la actual San Antonio Este).

- c) Finalmente, y lo que resulta importante para la Patagonia, el mapamundi sugería la posibilidad de existencia hacia aproximadamente el paralelo 40<sup>º</sup> LS de un posible paso occidental hacia Asia, bordeando la tierra que ellos habían bautizado América (Figura 9).

## EL PROYECTO DE MAGALHÃES

Con la idea de buscar un paso occidental *in mente*, Magalhães una vez instalado en Lisboa, se asocia con su amigo y mucho más experto cartógrafo Ruy de Faleiro para pensar un proyecto. Ambos se dedicaron a partir de 1515 a recolectar información y a estudiar intensamente los mapas y cartas de navegación existentes (ver arriba), dando por hecho que el “Mundo Nuevo” descubierto por Colón era una nueva masa continental; de acuerdo con Vespuccio, De la Cosa y otros. Pensaban que esa tierra podría ser rodeada, para llegar al “Mar del Sur” avistado en 1513 por Vasco Nuñez de Balboa, desde una cima de las montañas de Urrucallala (istmo de Panamá), y de allí, llegar a las Molucas. El trascendental Mapamundi de 1507 y su importante secuela de 1516, también por Wald-





**Figura 10.** El mapamundi de Waldseemüller de 1916, que intenta corregir el error de haber llamado América al “Mundus Novus”.



**Figura 11.** El globo construido con el mapamundi en gajos, de Johannes Schöner, en 1515. Este cartógrafo fue poseedor de una carpeta conteniendo ejemplares únicos de los mapas de Waldseemüller, *Universalis Cosmographia* (1507) y *Carta Marina Navigatoria* (1516); además de los husos impresos incompletos de su globo, que vemos aquí. Esta carpeta fue descubierta en 1901 en el castillo de Wolfegg (Alemania).

seemüller (Figura 10), junto a muchos otros datos convergentes, convencieron definitivamente a Magalhães y Faleiro de la existencia del paso occidental al Mar del Sur.

Existe la fuerte posibilidad de que –además– ambos cartógrafos conocieran para ese entonces el primer Mapamundi en husos confeccionado por Schöner, publicado en 1515, que permitía ser montado y visualizado en un globo terráqueo (Figura 11). Alternativamente, quizás contaron con un bosquejo del mismo o el esquema de alguien que lo hubiera copiado. Figuraba en este mapa el esbozo de un paso al sur, quizás inspirado por una errada información secreta referida al luego llamado “Mar dulce”. La incógnita con respecto a este dato podría explicarse si, además de poseer la cartografía de Waldseemüller (ver leyenda Fig.9), Schöner hubiera contado con datos de la tan mentada pero no documentada expedición secreta portuguesa que –supuestamente– habría llegado hasta el estuario del actual Río de la Plata antes que Solís, y quizás explorado más al Sur. Debe tenerse en cuenta que, entre las varias razones para ocultar este descubrimiento, se suponía que Portugal no debía explorar en zonas eventualmente asignadas a Castilla. Además Schöner imaginó (¿?) un perfil para el continente sudamericano. Aunque menos probable quizás ambos cartógrafos conocieron también los mapamundis, de Contarini-Roselli de 1506 y el de Roselli de 1508 (Figura 12). En este último figuraba un continente “Antártico” hacia el polo Sur, frente a África (¿?).

Magalhães y Faleiro generaron un sólido proyecto para llevar a cabo una expedición focalizada en encontrar la vía occidental al Lejano Oriente, con mapas y estimaciones de materiales y costos. El proyecto, que era sencillo y ambicioso, proponía circunvalar las nuevas tierras hacia el Sur, más allá del Mar de Solís, y



**Figura 12.** El Mapamundi de Roselli de 1508, además de sugerir posibles pasos hacia Asia, mostraba un continente cercano al polo austral, nominándolo “Antártico”.

encontrar el postulado paso. La determinación de ambos cartógrafos de llevarlo a cabo implicaba la necesidad de conseguir un fuerte apoyo financiero del Rey, puesto que los fondos necesarios excedían las posibilidades solamente privadas.

A pesar de que habrían existido datos favorables de las mencionadas expediciones portuguesas ultrasecretas, el Rey Manuel I de Portugal (hermano de Leonor de Viseu, la esposa del primo de ambos, el fallecido Juan II de Portugal), no quiso apoyar semejante proyecto cuando le fue presentado. El Rey Manuel no simpatizaba en absoluto con Magalhães, quien en audiencias previas le había solicitado un ascenso y aumento de su pensión militar. Manuel se lo había negado, quizás porque no confiaba en él, a pesar de haber sido absuelto de las falsas acusaciones en África. Además, se asume como posible causa adicional para no aceptarse la propuesta que Portugal ya dominaba la ruta de circunvalación de África, por lo que los costos de exploración y mantenimiento de otra ruta no la hacían atractiva para un sector de la corte portuguesa. Probablemente, también existieran intereses muy fuertes que deseaban evitar competencias en el comercio con las Indias.

El rechazo de Manuel I habría provocado una gran decepción de Magalhães; por lo que - despedido- le pidió al Rey autorización para resignar la nacionalidad portuguesa y autoexiliarse a Sevilla. (pedido bastante habitual en la época); siendo esa la única solicitud que Manuel I le aceptaría, al parecer muy contento de sacárselo de encima. Posteriormente se arrepentiría.

## MAGALLANES EN SEVILLA

Llegado a Sevilla, Magalhães, naturalizado castellano (como anteriormente Américo Vespucio), y reciclado como Fernando (o Hernando) de Magallanes, se habría alojado en casa de Diego Barbosa, otro portugués autoexiliado; aparentemente pariente lejano. La elevada posición en Sevilla de Barbosa (también naturalizado), como antiguo alcaide de los Reales Alcázares, fue de gran ayuda para el proyecto de Magallanes, que además no hablaba bien castellano. Este terminó casándose en 1517 con Beatriz Barbosa, la hija de Diego.

Magallanes sabía que para el recién asumido Carlos I (Fig. 13) y para la corte española, un paso marítimo alternativo a las indias, que ya habían buscado muchos otros (el último de ellos Solís), resultaba una meta muy codiciada. Era obvio que al no tener acceso a la ruta detentada por Portugal, rodeando África, España quedaba comercialmente muy postergada. Ya en 1505 Fernando el Católico, el abuelo de Carlos, había convocado en la ciudad de Toro una junta secreta de Pilotos para estudiar el mejor modo de acceso por mar a la Especiería evitando pelear con los portugueses. Como consecuencia, varias expediciones, en los años subsiguientes intentarían descubrir un paso occidental al Asia, para competir con Portugal. No cabe duda que Magallanes obtuvo información sobre





**Figura 13.** Carlos I de Castilla y a partir de 1520, Emperador Carlos V del Sacro Imperio Romano-Germánico.

varias iniciativas, algunas concretadas, de lo que dio en llamarse “Expediciones de Base inmediata”, es decir, partiendo desde islas del Caribe. En su cuarto viaje (1502-1504) Colón había fracasado buscando el paso a la Especiería ya que después de varias pérdidas, finalmente naufragaron en Jamaica las naves restantes (Arranz Marquez, 2006). El viaje de Juan Ponce de León, en 1513 y otras varias

expediciones castellanas, auspiciadas por el Regente Cardenal Cisneros, también buscaron intensamente el anhelado paso. El Licenciado. Alonso de Zuazo, Juez de Residencia en La Española, junto con la Orden de Padres Jerónimos y Diego Colón, también propició otras iniciativas con el mismo objetivo (Gimeno Gomez, 1992). Y poco antes del viaje de Magallanes, Antonio Sedeño contrató una expedición que salió desde Puerto Rico, buscando un supuesto paso entre Yucatán y el Cabo de Higueras.

En Diciembre llegó a Sevilla Faleiro, que era el más experto de los dos en la parte geográfica/cartográfica. Ambos cartógrafos sometieron su proyecto a la corona castellana, como continuación de trámites algo tortuosos iniciados por Magallanes a través de Juan de Aranda, “factor” de la Casa de Contratación de Sevilla (para las Indias, África e Islas Canarias). El factor estaba encargado de negociar las expediciones. Al principio, en ese ámbito se descartó la viabilidad del proyecto por lo que, de no ser escuchados, le plantearon a Aranda que pretendían llegar al Rey directamente con su pedido. Por lo expuesto mas arriba, el proyecto de Magallanes no representaba una novedad para la corona de Castilla, que ya había financiado al menos diez proyectos anteriores con el mismo propósito. El argumento decisivo que esgrimieron ambos cartógrafos fue que la Especiería quedaba en la zona otorgada a España según el tratado de Tordesillas, cuestión a comprobar *in situ*. Además de cartografía especial y quizás un globo, en la entrevista con el Rey, Magallanes habría mostrado, durante la presentación y defensa del proyecto, cartas de su primo Serrão comentando la riqueza de las Molukas. Todo indica que el joven monarca y sus asesores se entusiasmaron aún más con el proyecto. Por tanto, la gran diferencia ante los consejeros de la Corte fue la convicción, cartografía y nuevos datos que parecían otorgar una superior fortaleza a la propuesta de Magallanes y Faleiro.

Como se mencionó, desde el inicio de los trámites, Juan de Aranda fue clave en las negociaciones para la adopción del proyecto. Ante la voluntad de Magallanes de dirigirse directamente a la corte si no se atendía a su propuesta, Aranda finalmente había escrito al Gran Chanciller de la Corte, que se mostró interesado en el proyecto, aparentemente por indicación del joven Rey Carlos I. Fueron decisivos para promover el interés del nuevo monarca el apoyo al proyecto del poderoso Obispo de Burgos (y científico) Juan Rodriguez de Fonseca, que se sumó al de Juan de Aranda. Estaban también especialmente interesados y apoyaron la propuesta varios comerciantes y financistas de Burgos, en particular el poderoso mercader Cristóbal de Haro (Martinez, 2019). Este comerciante y financista ya había contribuido a costear en Lisboa una iniciativa clandestina con el mismo objetivo del paso a las Molukas. Quizás ese viaje fue la muy mencionada (pero nunca demostrada fehacientemente) expedición secreta portuguesa que habría llegado antes que Solís al territorio argentino; dando lugar a erradas sugerencias cartográficas del posible paso.

## LA APROBACIÓN DE LA EXPEDICIÓN POR CARLOS I Y LA CAPITULACIÓN.

El 3 de Abril de 1516, el Regente de Castilla Cardenal Cisneros anunció la aceptación por el Consejo de las Cortes de Castilla de la voluntad de Carlos de Gante<sup>2</sup> hijo de Juana la loca y nieto de los Reyes Católicos, de asumir como Rey junto a su madre, que no podía ejercer *per se*:

*“Doña Juana y don Carlos su hijo, reina y rey de Castilla, de León, de Aragón, de las Dos Sicilias, de Jerusalén, de Navarra, de Granada, de Toledo, de Valencia, de Galicia, de Mallorca, de Sevilla, de Cerdeña, de Córdoba, de Córcega, de Murcia, de Jaén, de los Algarves, de Algeciras, de Gibraltar, de las islas de Canaria, de las Islas, Indias y Tierra Firme del mar Océano, condes de Barcelona, señores de Vizcaya y de Molina, duques de Atenas y Neopatria, condes de Ruisellón y de Cerdaña, marqueses de Oristán y de Gociano, archiduques de Austria, duques de Borgoña y de Brabante, condes de Flandes, de Tirol, etc” .*

Carlos llegó desde Flandes a Villaviciosa, puerto de Asturias, con 40 navíos, el 8 de Septiembre de 1517. Tenía 17 años. El 9 de febrero de 1518 las Cortes, reunidas en Valladolid, juraron como rey a Carlos, junto con su madre Juana. Más tarde, en 1520, cuando Magallanes ya estaba en la Patagonia, se coronaría como Carlos V, Emperador del Sacro Imperio Romano Germánico, tras el fallecimiento de su abuelo Maximiliano I de Habsburgo.

Como el Rey Carlos de Gante era un recién llegado y todavía no hablaba bien el castellano ni el portugués, ante la presentación del proyecto, se tuvo que hacer asesorar por miembros de su numeroso entorno flamenco que hablaran castellano o portugués, además de los nuevos asesores castellanos. Aparentemente el Rey se entusiasmó con el proyecto presentado por Magallanes ya que los mapas que lo acompañaban situaban las Molucas en el hemisferio correspondiente a Castilla. En forma inusitada por su rapidez, Carlos I, tan solo a los 6 meses de su llegada, decidió apoyar el proyecto y firmó en Valladolid, en nombre propio y el de su madre, el 12 de Marzo de 1518, una capitulación exclusiva por diez años para las tierras a explorar (Figura 14) (Bernal, 2014). En ella nombraba Capitanes de la expedición y Almirantes a Magallanes y Faleiro, habilitándolos como adelantados o gobernadores en el caso de que descubrieran más de 6 islas. El Rey también condecoró a Magallanes con el hábito de Santiago. Los fondos para la expedición serían aportados por la corona, cubriendo insumos para dos años de viaje. Este aporte aparentemente fue complementado por el del mercader y financiero Cristóbal de Haro, ante las demoras de la Corona. Hay datos dispersos sobre participación minoritaria de algún otro financiero, ya que varios comerciantes estaban interesados en la expedición. Como dato comparativo de los cambios ocurridos a principio del Siglo XVI, con el mismo proyecto de navegar hacia Asia por Occidente, Colón tuvo que esperar nueve años la capitulación que le otorgaron los Reyes Católicos Isabel y Fernando.

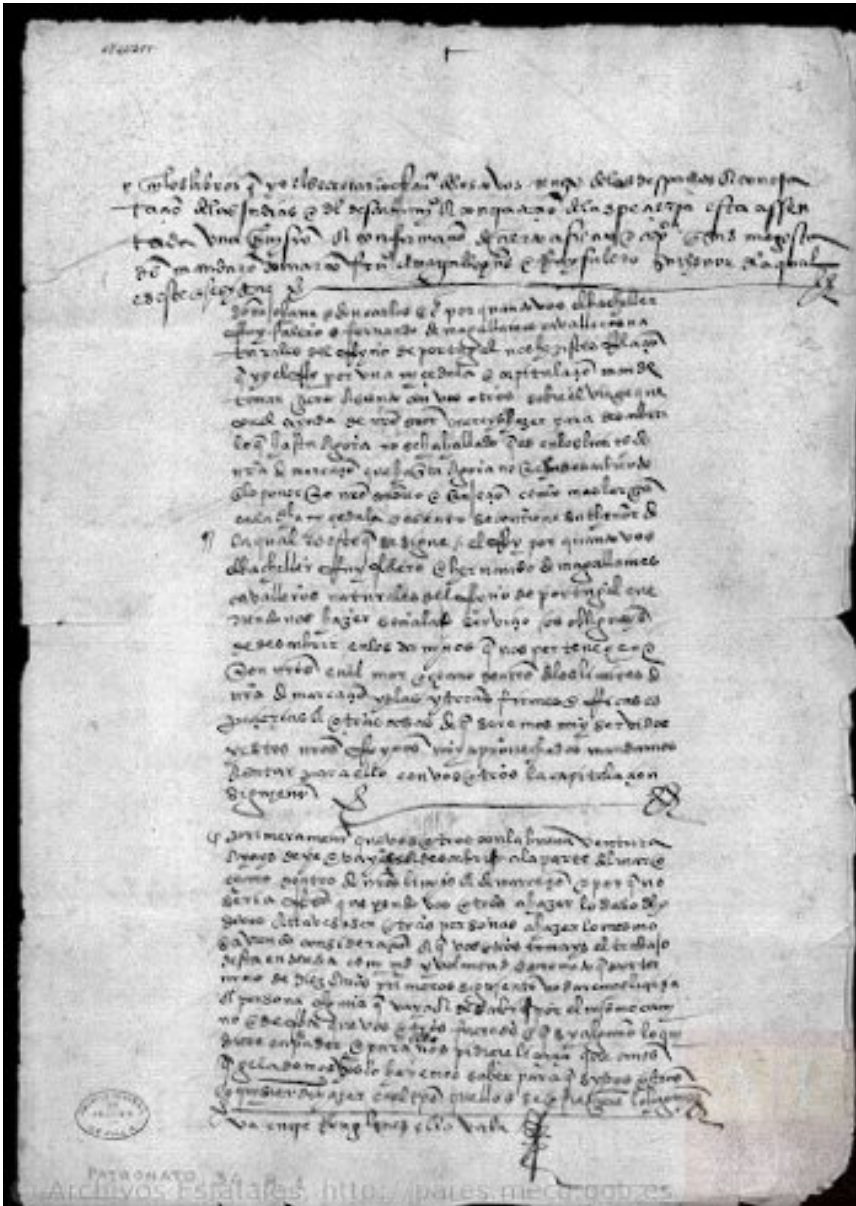


Figura 14. La capitulación de Valladolid asumiendo la expedición de Magallanes por parte de Carlos I.



## LAS TRABAS PERSONALES Y POLÍTICAS

Entre Portugal y Castilla/España existía una fuerte rivalidad, apenas mitigada por el pacto de Tordesillas. El Rey de Portugal, cuando supo por sus espías la presentación del proyecto de Magallanes y su posible aceptación, que entendía atentaba contra los derechos de Portugal, intentó sabotearlo con iniciativas diplomáticas; conspirando además para hacer encarcelar en España a ambos cartógrafos. Por tanto, el clima que rodeaba el proyecto de la expedición era bastante tóxico, lleno de intrigas y demoras, ya que la nobleza española desconfiaba de Magallanes y Portugal complotaba contra él (Todo Avante, 2021). Además existían numerosos intereses relacionados con exploraciones, a todos los niveles. Con respecto al proyecto de Magallanes, era relativamente conocida la intención de llegar a la Especiería, pero no el secreto objetivo llegar por el hemisferio Sur. Surgió además una complicación adicional por la pelea entre Faleiro y Magallanes, ya que el primero pretendía comandar la escuadra; algo no aceptable para Magallanes. El Rey medió en el conflicto a favor de Magallanes, nombrándolo único Capitán General; prometiendo a Faleiro comandar una futura expedición de seguimiento. El entredicho entre ambos capitanes habría causado un brote de locura en este último, que finalmente impidió se embarcara. Juan de Cartagena fue enrolado como veedor del Rey y capitán de la San Antonio en lugar de Faleiro, lo cual posteriormente traería muchas consecuencias negativas.

La aceptación del proyecto del portugués implicó la postergación de otros, generados por navegantes españoles; por lo que, desde el vamos, Magallanes fue objeto de la hostilidad y a veces del odio de otros exploradores, incluyendo la mayoría de los capitanes que viajaron con él. Por su parte, Magallanes, que había sido advertido de posibles traiciones, echó leña al fuego al inicio del viaje, al no cumplir, por desconfianza hacia la plana mayor de capitanes, con la norma de compartir la información sobre el derrotero y la cartografía. Durante el viaje el malestar abonaría conspiraciones y motines (ver siguiente artículo, Quesada Allué y Gitlin, 2021). Un factor adicional, de importancia para la incomodidad de los tripulantes y jefes españoles, fue que entre los tripulantes inicialmente conchabados (Figura 15) 26 eran portugueses, en su mayoría parientes o allegados de Magallanes; y además viajaba su esclavo Enrique de Malaca.

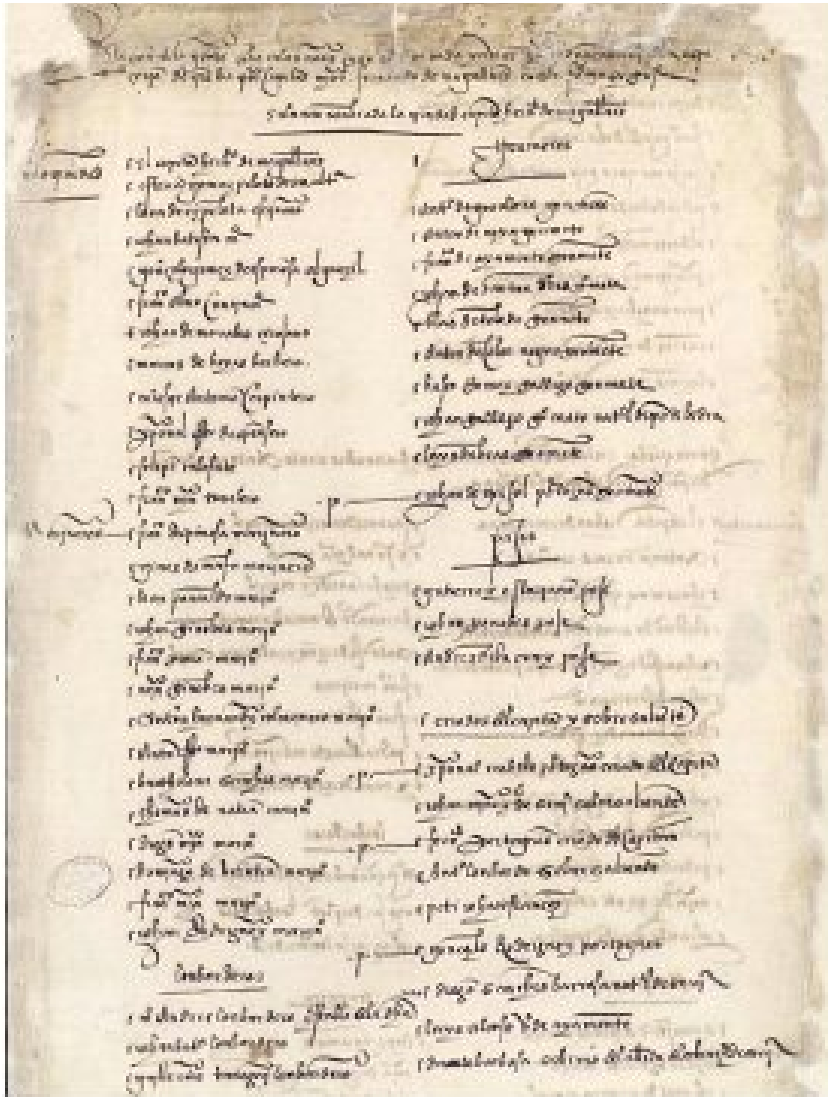
Existen numerosos estudios históricos sobre las iniciativas, enredos, traiciones y conspiraciones del Rey Manuel de Portugal para impedir la expedición a la Especiería. Como consecuencia, el Rey castellano le envió una carta desde Barcelona, donde le garantizaba el respeto total al Tratado de Tordesillas. En la carta decía:

*“He sabido que vos tenéis alguna sospecha que del armada que mandamos hazer para yr a las Indias, de que van por capitanes Hernando Magallanes y Rruy Faleiro, podía venir algún pejuyzio a lo que vos os pertenece de aquellas partes de las Indias (...); mas porque dello no os quede pensamiento, acordé de vos escrevir para*



*que sepáys que nuestra voluntad ha sido y es de muy cumplidamente guarda[r] todo lo que sobre la demarcación fue asentado con los Cathólicos Rrey y Rreyna, mis señores y ahuelos, que ayan gloria, y que la dicha armada no yrá ni tocará en parte que en cosa perjudique a vuestro derecho."*

El rey Manuel no habría quedado satisfecho con las garantías. Existen indicaciones del envío en secreto de naves portuguesas para interceptar la escuadra de Magallanes en alta mar, cosa que obviamente no lograron.



**Figura 15.** Parte de la lista original de los marineros de la expedición (Archivo de Indias).

## DIFICULTADES ADMINISTRATIVAS Y ECONOMICAS, APRESTOS Y PREPARATIVOS

La Casa de Contratación, había sido dejada de lado en la mayoría de las tratativas, quedando relativamente marginada del posible negocio de la expedición. Y además, no estaba en sintonía con el recién llegado Rey “flamenco” y su corte. Desde el inicio se pusieron trabas burocráticas y se supone que muchas de ellas fueron generadas por “aportes” (coimas) del Rey de Portugal. Para colmo, a pesar de ser uno de los máximos funcionarios de la Casa, Aranda había buscado tener para sí una parte del negocio, pidiendo licencia en su cargo; lo cual creó dificultades adicionales, por carecerse en el resto de la repartición de la experiencia administrativa del burgalés. A su vez, la relación de Magallanes con los oficiales de la Casa de contratación, durante los aprestos de la expedición fueron tortuosos, dado el carácter difícil y quizás prepotente del navegante y los recelos de los funcionarios hacia un expedicionario que no hablaba bien el castellano, al cual seguían considerando portugués; todo indica que la desconfianza fue mutua.

No revisaremos las vicisitudes e inconvenientes padecidos para la concreción de la expedición, fundamentalmente de tipo económico, logístico y burocrático. Magallanes debió en un momento dado dirigirse al Rey para informarle de éstos problemas. En octubre de 1518, le manda una carta desde Sevilla solicitándole que intervenga:

370 «Y así supliqué a Vuestra Alteza que mandase proveer con el dinero que faltaba para cumplimiento de los 16.000 ducados sin los cuales no se podía acabar (...) Y porque Señor, yo veo que tan poca cantidad no bastará para cargar las naves de especierías y sería gran pérdida venir vacías, Vuestra Alteza hubiese por bien de dar más cantidad de mercaderías (...) Asimismo pedí a Vuestra Alteza que mandase proveyesen a los oficiales de la Casa [de Contratación] para que paguen la costa que se hiciese en la artillería y armas y pólvora (...) Humildemente suplico con este correo mande proveer en todo de manera que Vuestra Alteza sea bien servido y nosotros bien tratados»

Diferentes financistas, como el mencionado Cristóbal de Haro, que a su vez era agente de la sociedad de banqueros “Ulrich Fugger y hermanos”, de Augsburgo (los “Fúcares”), debieron completar el presupuesto de la expedición, en cuyo éxito creían. Todos recuperarían con creces su inversión cuando regresaron los restos de la expedición en la “Victoria” cargada al tope con especias y mercaderías.

Conseguir las naves tampoco resultó tarea fácil, y éstas eran costosas. Los barcos habitualmente se construían y se conseguían en el norte de España. Por ejemplo, la “Trinidad”, que sería la nave principal Almirante, se compró en Bilbao a un costo de 270.000 maravedíes. Todas las naves conseguidas fueron de 3 palos y velamen moderno. Lamentablemente, el único dibujo de una de los

barcos de Magallanes, que figura en un mapa de Diego Ribeiro de 1529, es el de la nao “Victoria”. Las dos más grandes, la “Trinidad” y la “San Antonio” también eran naos, al igual que las más pequeñas, la “Concepción” y la “Victoria”. Las naos de esa época tenían castillos en proa y popa y 3 mástiles con velas trapezoidales o rectangulares (velas “cuadras”). La única carabela de la expedición era la pequeña “Santiago”. Las carabelas solo tenían castillo de popa y usaban casi siempre velas latinas (triangulares). En el aparejamiento de las naves también hubo numerosos incidentes, provocados por los enemigos de Magallanes (Todo Avante, 2021).

Cada nave constaba de capitán, piloto, maestre y contra maestre como oficiales jerárquicos (Tabla 1). Magallanes comandaba la “Trinidad”, de 112 Tn, con 62 hombres. La “San Antonio” (120 Tn, 57 hombres) llevaba el mayor cargamento de vituallas e insumos y estaba comandada por Juan de Cartagena. En la “Concepción” (90 Tn, 44 tripulantes) el mando era de Gaspar de Quesada y su contra maestre era Juan Sebastián Elcano, que luego sería uno de los 18 sobrevivientes de la vuelta al mundo y se convertiría así en el personaje más famoso después de Magallanes, a pesar de no haber tenido peso alguno en el inicio de la expedición. La “Victoria” (85 Tn, 45 hombres), primer nao que daría la vuelta al mundo, estaba comandada por Luis de Mendoza y la “Santiago” (75 Tn, 33 tripulantes) por Juan Serrano, el pariente de Magallanes. Al volver a España, completando la vuelta al mundo, Elcano estuvo al mando de la “Victoria”. De los 239 a 265 ¿? tripulantes iniciales, aproximadamente el 64 % eran “españoles”; los “italianos”, el 13 %, los portugueses, el 10 % y los franceses el 6%. El 7% restante era de varias nacionalidades. Consta que hubo dificultades para conseguir tripulantes, porque los postulantes estimaban que los sueldos eran bajos teniendo en cuenta lo peligroso de la expedición. Como supuestamente se trataba de un viaje solamente de exploración para descubrir pasos y tierras, o sea no de conquista y toma de posesión, Magallanes consiguió que se saltaran algunas de las reglas que prohibían la llegada a las Indias de moros, judíos, herejes y conversos, ni tampoco extranjeros (Magallanes llevó a varios parientes). Formaban la dotación, además de los marineros y grumetes, personal de diferentes oficios, desde criados a militares, incluyendo sacerdotes, cirujanos, cocineros y despenseros, toneleros y calafateadores, etc. Había algunos “sobresalientes” de rango alto, como Pigafetta; y dos intérpretes, uno de ellos el esclavo de Magallanes, Enrique de Malaca.

**Tabla 1. Oficiales de las naves**

NAVE	CAPITÁN	MAESTRE	PILOTO	CONTRAMAESTRE
TRINIDAD	MAGALLANES	J.B.PUNZOROL	E. GÓMEZ	F. ALBO
SAN ANTONIO	CARTAGENA	J. ELORRIAGA	A. SAN MARTIN	D.HERNANDEZ
CONCEPCIÓN	G.DE QUESADA	J.S.ELCANO	J.CARVALHO	J. ACUARIO
VICTORIA	DE MENDOZA	A. SALOMÓN	V. GÓMEZ G.	M. DE RODAS
SANTIAGO	SERRANO	B. GENOVÉS	J. RODRÍGUEZ S	B. PRIOR

En el Archivo de Indias (1519, 1524) hay un legajo donde está muy bien documentado, en manifiestos de carga, el equipamiento de las naves, incluyendo herramientas, armas, víveres, insumos varios y menaje, material de pesca, etc. Para el material de mantenimiento naval se llevaban troncos, velas, cordajes, cera, estopa, pez y alquitrán. Se incluían bienes para comerciar y regalos para agasajar nativos u otros. Se calculó una provisión de víveres para una navegación de unos dos años para 265 personas, que incluía alrededor de 10 toneladas (21.380 libras) de galleta marinera, doscientos toneles de sardinas saladas, 700 Kg de miel, quesos, frutos secos y pasas, ajos y cebollas, carne y panceta, y toda clase de legumbres, etc. Detalle importante, dulce de membrillo para los oficiales, lo que evitaría a varios de ellos el escorbuto. Embarcaron siete vacas y algo muy importante: 230 toneles y 417 odres de vino (Zweig, 1990).

Como dato interesante, se llevaban numerosos “remedios”, la mayoría de escasa eficacia; algunos extraños. Por ejemplo llevaban “Ungüento Postolorum” para las fístulas y la mágica “Triaca”, famosa medicina con 70 ingrediente entre los cuales estaban la carne de víbora y el opio. Más rutinarios eran los laxantes mirabolanos, y los óxidos de plomo y de zinc. Este último era la “atutía” del que viene la expresión ‘no hay tutía’

El maestro cartógrafo de la casa de Contratación, Nuño García de Torenó (García Torreño) confeccionó, en 1519, veinticinco cartas de navegación para la expedición. Magallanes le encargó doce y Faleiro trece. Quizás también, a último momento, se incorporó en la confección de cartas el cartógrafo portugués Diego Ribeiro, recién incorporado a la Casa de Contratación.

## PIGAFETTA Y SUS ESCRITOS

La fuente principal de información sobre el viaje fueron los escritos del más tarde famosísimo Antonio Alberto Pigafetta Vicentino (Antonio Lombardo<sup>2</sup>) (Pigafetta, ver bibliografía). Este veneciano (Figura 16), fue especialmente recomendado a Magallanes y admitido en la expedición como adscrito del almirante (aunque figuró como “sobresaliente”), y aparentemente pagó con fondos propios su participación en la misma. Pigafetta fue quien llevó un registro del viaje (desaparecido) y más tarde resumió muchos de los eventos ocurridos durante la epopéyica primer vuelta al mundo, concretada por Juan Sebastián Elcano y que costaría la vida de la mayoría de los expedicionarios, incluyendo la del Almirante

Pigafetta perteneció a una familia culta veneciana de Vicenza, por lo que se asume recibió excelente educación. Se autodefinió como alguien que “ha leído muchos libros” y se sabe que estudió Astronomía y Geografía, con conocimientos de Cartografía y navegación. Conocía el manejo del astrolabio y de la aguja imantada. Pigafetta, que era de espíritu aventurero, pertenecía a la Orden de

San Juan de Jerusalén, Rodas y Malta, habiendo adquirido en ese marco destreza en el manejo de las armas. Aparentemente, formó parte de expediciones en el Mediterráneo, en galeras de la Orden enfrentadas al Sultán turco Solimán el Magnífico; y a raíz de ello fué nombrado Caballero de la Orden de Rodas. Era un protegido y persona promovida por su mentor, el pronotario apostólico y Nuncio Papal en España Monseñor Francisco Chiericatti, de cuyo séquito forma-



**Figura 16.** Retrato supuesto de Antonio Pigafetta (Antonio Lombardo) (c1480-c1534), que aparentemente sería de un pariente.



ba parte. Si bien es algo que se suele destacar poco, la corte vaticana y el Papa Clemente VII en persona, estaban muy interesados en todo aquello relacionado con las expediciones a nuevas tierras, tanto con óptica misionera como económica. Chiericatti había sido sucesivamente Nuncio en Inglaterra y en Portugal; y viajó a España como embajador, con Pigafetta como allegado. Tenía una relación especial con Adrián Florent (a) Adriano de Utrecht, hombre de confianza de Carlos I de Gante. Por lo expuesto, es poco creíble que Pigafetta, Caballero de Rodas y persona muy religiosa, “...provisto de cartas de recomendación...” fuera simplemente un joven educado aventurero y no respondiera indirectamente de alguna manera a los intereses del papado, además de oficialmente a la Corona española. Magallanes y quizás otros dos más, junto con Pigafetta, fueron los hombres más cultos de la expedición. Pigafetta fue herido en Filipinas, en la misma batalla de Cebú donde Magallanes perdió la vida.

Pigafetta (a) Antonio Lombardo, anotaría las experiencias y acontecimientos que le resultaban importantes o interesantes en un “diario” de navegación (aparentemente con muchas lagunas). Al finalizar el viaje, completando la vuelta al mundo, ese manuscrito (o un compendio del mismo) fué entregado a Carlos I, como en cierta manera era de esperar; pero nunca fue localizado en ningún archivo (ver segunda parte, Quesada-Allué y Gitlin, 2021). Tras recorrer varias cortes europeas, de lo cual se conoce poco, Pigafetta regresó a Italia y escribió:

*“Regresé al fin a Italia, donde me consagré para siempre al muy excelente y muy ilustre señor Felipe Villiers de L’IsleAdam, Gran Maestre de Rodas, a quien di también la relación de mi viaje”.*

El original entregado al Maestre, quien habría otorgado ayuda para la financiación de su publicación, aparentemente se perdió; pero se conocen cuatro versiones *bona fide* del mismo, una en italiano y tres en francés. Todas parecen copias más o menos fieles del documento original. La versión francesa aparentemente más antigua (aproximadamente de 1525) y más completa, con mapas clave para este artículo y su segunda parte (Quesada-Allué y Gitlin, 2021), está en la Biblioteca Beinecke de la Universidad de Yale (Pigafetta, 1525; Skelton, 1969). Este documento está también comentado en una versión francesa de Denuce de 1925. Existen numerosas traducciones al italiano y al castellano, algunas accesibles en Internet (ver Pigafetta, todas las versiones consultadas por internet, Bibliografía).

El relato de Pigafetta aparece como un relato bastante objetivo y sucinto, trascendental por la cantidad de descubrimientos reportados; y especialmente famoso por contar la primera vuelta al mundo. En el Libro I del relato de Pigafetta, titulado “*Partida de Sevilla hasta la desembocadura del estrecho de Magallanes*”, se narra la primera parte del viaje de la expedición que incluye la travesía atlántica y el costeo de Sudamérica hasta descubrir el paso al “Mar del Sur”, que Magallanes bautizará “Mar Pacífico”. Hay un sinnúmero de traducciones y versiones castellanas (ver diferentes versiones consultables de Pigafetta, 1996-2015).

En este artículo y en el artículo acompañante hemos tomado citas de diferentes versiones asumiendo que se ajustan lo más posible a los primeros escritos descubiertos (Pigafetta, ¿1525?). (Ver segunda parte, Quesada-Allué y Gitlin, 2021). Por supuesto la mayor importancia, desde el punto de vista histórico, fue el relato del descubrimiento del anhelado paso occidental al océano Pacífico, luego llamado Estrecho de Magallanes. Y también las peripecias y tragedias sufridas durante el viaje de regreso de la muy mermada expedición, habiendo llegado a la especiería y dando la vuelta al mundo. Fue algo trascendental por el cambio obligado del pensamiento vigente y por la enorme implicancia para el comercio.

## EL INICIO DEL VIAJE HACIA TIERRAS DEL NUEVO MUNDO

En semi-secreto, el Almirante Magallanes al mando de su flotilla de cinco naves (Tabla 1) partió primero el 10 de Agosto de 1519 desde Sevilla; y luego, el 20 de Septiembre desde Sanlúcar de Barrameda, donde se embarcó la plana mayor de capitanes. Probablemente esta demora fue deliberada, ya que además de completar la carga, tuvo como principal finalidad confundir a los espías portugueses sobre la verdadera fecha de partida. Para ocultar la intención de encontrar el paso tan al Sur, se suponía que la expedición buscaría el paso a la Especiería siguiendo alguno de los derroteros conocidos. No está claro cuántos de los oficiales conocían las verdaderas intenciones.

La preparación final para la travesía atlántica se hizo en las Islas Canarias adonde llegaron 6 días después de la partida. Completaron víveres, agua y leña y embarcaron 4 hombres más. Saliendo de las islas, días después, habrían sido 247 hombres porque uno se quedó en Santa Cruz de Tenerife. Magallanes, persona de fuerte carácter, estaba muy alerta a los indicios de eventuales motines, especialmente por antecedentes concretos. Además, antes de zarpar habría recibido una carta (se ignora de quien), avisándole de una posible traición durante el viaje. Por tanto desde el vamos, Magallanes, muy desconfiado, no se habría ajustado estrictamente a las obligadas instrucciones de Carlos I, en cuanto a compartir el rumbo a seguir con todos los capitanes durante la navegación y en cuanto a considerar un igual a Juan de Cartagena, el veedor del Rey, que había sustituido a Faleiro. Se suponía que, siguiendo dichas instrucciones, la expedición debía seguir lo establecido en lo que quedaría plasmado en la Suma de Geographia de Martín Fernández de Enciso (1519), o sea la “ruta castellana”, distinta de la habitual portuguesa. El principal problema fue que Magallanes no entregó las cartas de marear a los capitanes, indicando solamente que debían seguir su nave y sus instrucciones. Antes de partir hacia las Canarias, Magallanes dejó establecido cómo tenían que comunicarse las naves en medio del mar, los códigos y señales, las luces nocturnas, cañonazos, y otros comportamientos. Pigafetta escribió al respecto:

*“Para que la escuadra marchase siempre en conserva, fijó para los pilotos y los maestros las reglas siguientes. Su nave debía siempre preceder a las demás, y para que de noche no se la perdiese de vista, llevaba en la popa un farol; si además de éste encendía una linterna o un estrengo [trozo de cuerda de juncos], las demás naves debían hacer otro tanto, a fin de asegurarse de este modo que le seguían. Cuando encendía otras dos luces, sin el farol, las naves debían cambiar de dirección, ..... Cuando encendía tres, significaba que debían quitarse las velas de ala, .... para encapillar mejor el viento y acelerar la marcha. ....Si encendía cuatro luces, era señal de que debían recogerse todas las velas; pero cuando estaban apagadas, estas cuatro luces significaban que debían extenderse”.*

Desde Canarias, la expedición pasó entre la costa de Cabo Verde y sus islas; costeando Guinea pasó frente a la actual Sierra Leona (vista del pico del mismo nombre) y costeó un tramo, emprendiendo luego la travesía Atlántica alejándose de la costa. Las tripulaciones creían inicialmente que se doblaría el cabo de Buena Esperanza y luego creyeron que iban hacia la América conocida. En lugar de ese derrotero, Magallanes habría seguido una ruta *sui generis*, intermedia entre las normas portuguesas y castellanas. El viaje se prolongó mucho debido a las inclemencias del tiempo, con feroces borrascas, calmas chicas y vientos contrarios, que junto a las lluvias hicieron muy difícil el viaje, con paradas obligadas al bajar las velas. En las grandes tormentas, y para evitar el riesgo de naufragios, interrumpieron el derrotero, dejándose llevar al garette hasta el amaine. Escribió Pigafetta sobre las anécdotas del fuego fatuo:

*“Durante las horas de borrasca, vimos a menudo el Cuerpo Santo, es decir, San Telmo. En una noche muy oscura, se nos apareció como una bella antorcha en la punta del palo mayor, donde se detuvo durante dos horas..... En el momento en que desapareció, despidió una tan grande claridad que quedamos deslumbrados, por decirlo así. Nos creíamos perdidos, pero el viento cesó en ese mismo momento”.*

Los capitanes veían que la ruta de Magallanes se apartaba de lo tradicional. Los primeros indicios de problemas en el mando aparentemente se produjeron cuando Cartagena, como veedor nombrado “conjunta persona” y supervisor, y representando también a otros capitanes, le recuerda a Magallanes la obligación de consultarle su opinión sobre las iniciativas generales y el rumbo a seguir durante la travesía. Después de este incidente, se habría producido un segundo, cuando Magallanes se da cuenta de que Cartagena lo saluda desde la San Antonio con señales dirigidas a Capitán y no las correspondientes a Capitán General.

Magallanes seguía manteniendo un derrotero inusual, con la idea de eludir las posibles naves portuguesas que los estuvieran siguiendo. Según lo declarado por sobrevivientes del viaje (en versión posiblemente interesada), poco después Magallanes convocó a los capitanes en la Victoria, una nave “neutra”. Hay indicios de que durante la tenida, Cartagena se habría sublevado e incluso amagado con apuñalarle; y entonces Magallanes destituye y detiene a Cartagena y lo confina con grilletes a bordo de la Concepción bajo la supervisión de su capitán,

Gaspar de Quesada. Colocó al mando de la “San Antonio” a Antonio de Coca, que después sería sustituido por el primo de Magallanes, Alvaro de la Mezquita (Bernal, 2019). Tanto Mendoza como Quesada, los dos capitanes españoles, solicitaron la liberación de los humillantes grilletes del ya destituido Cartagena y que solamente quedase bajo supervisión, lo cual fue aceptado. Estos episodios, cuyas versiones son confusas, no figuran en el relato de Pigafetta, quizás para preservar la imagen de Magallanes; y por otra parte, más tarde, con la anuencia de Elcano, podrían haber sido distorsionados. Sin embargo, en cierto sentido confirmatorio, Pigafetta escribió sobre este período:

*“...se guardó bien de dar a conocer este atrevido proyecto... [refiriéndose a la navegación por el Atlántico] ..a esta empresa se unía aun una desventaja para él y era que los comandantes de las otras cuatro naves....eran sus enemigos, por la sencilla razón de que eran españoles y Magallanes portugués.”*

## LA LLEGADA A BRASIL

El relato de Pigafetta describe en el mencionado primer libro el cruce del Atlántico y el derrotero hacia el Sur, costeano los actuales Brasil, Uruguay y Argentina. El día 29 de noviembre de 1519 cuando ya se acercaban a las costas de Brasil, a la altura del Cabo de San Agustín (actual Cabo Branco), Francisco Albo, el contra maestre de la “Trinidad”, devenido piloto, empieza a hacer anotaciones en su Derrotero; confirmando así partes del manuscrito de Pigafetta. Por alguna razón, quizás vinculada a que estaban en territorio de dominio portugués, no toman tierra hasta llegar, el 13 de diciembre de 1519, a una bahía que llaman de Santa Lucía, por ser el Santo de ese día, según algunos historiadores. Quizás se trató de la Bahía de Guanabara, donde hoy se encuentra Río de Janeiro o - según otros estudiosos- de la Bahía de Sepetiba, inmediatamente hacia el Sur. Allí la mayoría de los miembros de la expedición desembarcan por primera vez en territorio brasileño, aunque algunos tenían experiencia previa. Permanecieron allí durante 14 intensos días, durante los cuales interaccionaron e intercambiaron con los nativos. Conocieron las características, costumbres y ritos de los mismos y se dedicaron a aprovisionarse. Describe Pigafetta:

*“ ...Los hombres y las mujeres son bien constituidos, y conformados como nosotros. Algunas veces comen carne humana, pero solamente la de sus enemigos, lo que no ejecutan por deseo ni por gusto, sino por una costumbre...”*

*“Aquí hicimos una abundante provisión de aves, ... de una especie de fruta que se asemeja al piñón del pino, pero que es extremadamente dulce y de un sabor exquisito, de cañas muy dulces, de carne de anta, la cual se parece a la de vaca..., por un cascabel o una cinta, los indígenas nos traían una cesta de patatas, nombre que se da a ciertas raíces que tienen más o menos la forma de nuestros nabos y cuyo gusto se aproxima al de las castañas.”*

Pigafetta dedicó en su informe muchas más paginas a las descripciones antropológicas y biológicas de lo que vió y experimentó en Brasil que a la travesía atlántica, que duró más de tres meses. Sucedería lo mismo en el relato del resto del viaje (Font Gavira, 2020).

La llegada a tierra y el aprovisionamiento calmaron por un tiempo el enojo de los capitanes con Magallanes y el desasosiego reinante en los suboficiales y tripulaciones. Como único incidente inusual, durante la estadía en Brasil, el 20 de diciembre, fue condenado a muerte Antón Salamon, maestre de la *Victoria*, por el delito de sodomía. Como anécdota interesante, fue incorporado a la expedición el hijo mestizo de siete años del piloto Lopes Carvalho, que había llegado anteriormente a esta bahía en una expedición portuguesa. La partida de la expedición hacia el “Mar Dulce” y los eventos más importantes para la Patagonia y para la Argentina, hasta llegar al Mar Pacífico, se analizan en el artículo acompañante.

## Refencias y Bibliografía

Andrade, F. (1958) “Colón y Vespucio”. Bol. Soc. Geográfica de Colombia 16(58) Archivo General de Indias (1519- 1524) Informaciones sobre sueldos, mercancías y mercedes relativas a la Armada a la Especiería organizada por Fernando de Magallanes. ES.41091.AGI/18// CONTADURIA,425,N.1,R.1

Arranz Márquez, L. (2006). “Cristóbal Colón: Misterio y grandeza”. Madrid. Editorial Marcial Pons Historia.

Azevedo Basto, R. E., (1892). O “Esmeraldo de Situ Orbis”. Lisboa: Imprensa Nacional.

Barbón Rodríguez, J. A. (2005). «Fuentes de la «Historia Verdadera»: manuscritos, en Bernal Díaz del Castillo». Historia verdadera de la conquista de la Nueva España: Manuscrito «Guatemala». Universidad Nacional Autónoma de México.

Barradas de Carvalho, J. (1983) “A la recherche de la specificité de la Renaissance portugaise”, Paris, Fond. Cal. Gulbenkian.

Bernal, C. (2014) “Capitulaciones de Valladolid”, Documentos para el quinto centenario de la primera vuelta al mundo La huella archivada del viaje y sus protagonistas, Sevilla 2019-2022.

Bernal, C. (2019). «Relación de varios acaecimientos sucedidos a la armada de Magallanes cuando iba a la Especiería, y vuelta de la nao San António el 8 de mayo de 1521, que surgió en el puerto de las Muelas». En “Documentos para el quinto centenario de la primera vuelta al mundo la huella archivada del viaje



y sus protagonistas”. Transliteración de documentos originales. Sevilla 2019-2022 Couto, J. (1995) “A Construção do Brasil”, Lisboa,

Cosmos. Da Naia, A. G. (1960) “Quem foi o primeiro descobridor do Rio da Prata e da Argentina?: Interpretação e correção de fatos e documentos”. Revista de História 20(41):65 DOI:10.11606/ issn.2316-9141.rh.1960.119861

Dickson, P. (2009) “The Magellan myth: reflections on Columbus, Vespucci and the Waldseemüller map of 1507”. Ohio: Printing Arts.

Diffie, B. (1977). “Foundations of the Portuguese Empire”, 1415–1580. University of Minnesota Press.

Fernandez de Enciso, M. (1519) “Suma de geographia, que trata de todas las partidas e provincias del mundo en especial de las indias e trata largamente del arte del marcar etc”. Sevilla, Jacobo Cronberger 1519 [https://archive.org/details/bub\\_gb\\_](https://archive.org/details/bub_gb_)

Fernández de Navarrete, M. (1837) “Colección de los viages y descubrimientos, que hicieron por mar los españoles, desde fines del siglo xv, Expediciones al Maluco. Viage de Magallanes y de Elcano”, Madrid, tomo 4, Imprenta Nacional.

Fernández de Oviedo y Valdés, G (1535). “Historia general de Las Indias”. Tomo I. Sevilla: Juan Cromberger.

Fernández Duro, C. (1896) “La leyenda de Cousin y de Pinzón como descubridores de América”. Boletín de la Real Academia de la Historia, tomo 29. <http://www.cervantesvirtual.com/obra/la-leyenda-de-cousin-y-depinzn-como-descubridores-deamrica-0/>

Font Gavira, C. A. (2020) “El viaje de Magallanes-Elcano. Una mirada natural”. <https://www.mncn.csic.es/es/Comunicaci%C3%B3n/elviaje-de-magallanes-elcano-unamirada-natural>

Gimeno Gómez, A. (1992) “Los proyectos de Alonso de Zuazo en búsqueda del Estrecho” en Actas del Congreso de Historia del Descubrimiento (1492-1556) Tomo II. Madrid, Real Academia de la Historia.

Hennig, Richard (1948), “The Representation on Maps of the Magalhães Straits before Their Discovery”, Düsseldorf, Germany: Imago Mundi.

Hessler, J. (2006) “Warping Waldseemüller: a phenomenological and computational study of the 1507 world map”. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 41, p. 101-14.

Hessler, J. & Van Duzer, C. (2012) “Seeing the world anew. The radical vision of Martin Waldseemüller’s 1507 & 1516 maps”. Florida: Levensger

Lasa, L. I. y Luiz, M. T. (2019) "Representaciones del tercer mundo. La territorialización de la Terra Australis en la cartografía del siglo XVI" *Terra Brasilis*, 12, <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.5346>

Lehmann, M. (2013) "Vespucci and his alleged awareness of America as a separate land mass". *Imago Mundi*, 65, 1, p. 15-24.

Levinas, M y Vidal, S. P. (2016) "La cosmografía de Waldseemüller, la conceptualización de "América" y su relación con el copernicanismo" *São Paulo, Scientiæ Zudia*, 14(2): 281-331.

Martínez, E. P. (2019) "Carlos I, Magallanes y Elcano, artífices de un viaje que cambió el mundo. De Sevilla a la Especiería, y a la historia." <https://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2019/05/p-10-13-y-16-19-red-361-cronica.pdf>

Márquez Montero, C. (2020) Real Acad, de la Historia. DBE. <https://dbe.rah.es/biografias/12661/fernando-de-magallanes>

Morris, J. G. (1855), "Martin Behaim: The German Astronomer and Cosmographer of the Times of Columbus", Baltimore, Maryland Maryland Historical Society/John Murphy & Co.

Pacheco Pereira, D. (1892) "Esmeraldo de situ orbis" (Edición de Raphael E. de Azevedo Basto). Lisboa: Imprensa Nacional.

Quesada-Allué, L. A. y Gitlin, D. S. (2021) Magallanes y la expedición que descubriría la Patagonia. parte II: Un enigma de la toponimia. *Ciencia e Investigación* 71(3):64-81

Pigafetta, A. (¿1525?), "Primo viaggio in torno al Globo Terracqueo" <http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/089a0dea-4253-4e0a9345-bb707e0d711c/Pigafetta-Primo-Viaggio-Intorno-Globo-Terracqueo-expedicion-Magallanes-Elcano.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=089a0dea-4253-4e0a-9345-bb707e0d711c>

Pigafetta, A. (¿1525?) Pigaphete, Antoyne. "Navigation et decouvrement de la Inde Superieure et Isles de Malueque ou naissent les cloux de Girofle faite par Anthoine Pigaphete Vincentin Cheuallier de Rhodes Comanceant en lan Mil V" et XiX". (Ejemplar único de la Universidad de Yale dedicado a Phillippe de Villiers, Gran Maestre de Rodas. 215pp. con 23 ilustraciones iluminadas. General Collection, Beinecke Rare Book and Manuscript Library, Yale University. <https://collections.library.yale.edu/catalog/2017752>

Pigafetta, A. (1800) "Primo viaggio in torno al Globo Terracqueo". Edición de Carlo Amoretti, Biblioteca Ambrosiana. Pigafetta, Antonio.(1899) "Primer viaje

alrededor del mundo relato escrito por el caballero Antonio Pigafetta”, ed. Manuel Walls y Merino, Madrid, Imprenta de Fortanet.

Pigafetta, A. (1922 ) “Primer viaje en torno del globo”, ed. Federico Ruiz Morcuende. Madrid, Edición Calpe.

Pigafetta, A. (1985) “Primer viaje alrededor del mundo” Madrid. Ed. Leoncio Cabrero.

Pigafetta, A. (1986) “Primer viaje alrededor del globo”, ed. Virgilio Ortega. Barcelona. Ediciones Orbis

Pigafetta, A. (1998) “Noticia del primer viaje en torno al mundo”; ed. Ana García Herraéz. Valencia Ediciones Grial.

Pigafetta, A. (2011) “Primer viaje alrededor del globo”, [https://issuu.com/jldelrioluque/docs/antonio\\_pigafetta\\_-\\_primer\\_viaje\\_alrededor\\_del\\_globo](https://issuu.com/jldelrioluque/docs/antonio_pigafetta_-_primer_viaje_alrededor_del_globo)

Pigafetta, A. (2012) Título original: “Primo viaggio in torno al Globo Terracqueo”. Edición de Benito Caetano para la Fundación Civilliter. <http://civilliter.es/wpcontent/uploads/Antonio-Pigafetta-Primer-viaje-alrededor-delGlobo.fCivilliter.2pdf.pdf>

Pigafetta, A. (2015) “Primer viaje alrededor del mundo”. <http://redmundialmagallanica.org/wpcontent/uploads/2015/09/PIGAFETTA-Primer-viaje-alredordel-mundo.pdf>

Pigafetta, A. (2020) “Primer viaje alrededor del mundo”, editor José Eugenio Borrao Mateo. Madrid Institución Fernando el Católico. Pohl, F.J. (1944), “Amerigo Vespucci, Pilot Major”. New York Columbia Univ.Press.

Rosati,H., Palma, D., Matte, M. y Rodriguez, A.(2020) “La Expansión Europea, Siglos XIV y XV”. [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/historia/expansion/index.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/historia/expansion/index.html)

Ruiza, M., Fernández, T. y Tamaro, E. (2004). Biografía de Fernando de Magallanes. En Biografías y Vidas. La enciclopedia biográfica en línea. Barcelona (España). <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/magallanes.htm>

Todo Avante. (2021) Historia Naval de España (Obra colectiva). [https://www.todoavante.es/index.php?title=P%C3%A1gina\\_Principal](https://www.todoavante.es/index.php?title=P%C3%A1gina_Principal)

Vallet Escobero, C. (2019) “Antonio Pigafetta Vicentino” <https://dbe.rah.es/biografias/14159/antoniopigafetta-vicentino>.

Van Duzer, C. (2012) “Waldseemüller’s world maps of 1507 and 1516: sources and development of his cartographical thought”. The Portolan, 85, p. 8-20,

Zweig, S. (1990, 2005) "Magallanes el hombre y su gesta" Ed.Juventud, Barcelona

## Notas

1. Sabrosa, Vila Nova de Gaia, Sé do Porto, y Ponte da Barca han sido propuestas como su lugar de nacimiento.
2. A comienzos del Siglo XVI se acostumbraba nombrar coloquialmente, tanto a nativos españoles como extranjeros, por su nombre seguido del lugar de donde se creía eran originarios, con independencia del uso formal de los apellidos familiares. Así, por ejemplo, Antonio Pigafetta a bordo de los barcos era llamado indistintamente Antonio Lombardo o Antonio de Lombardía.
3. El imperio turco (Sublime estado otomano) comandado por Mehmed II Fatih también conocido como , "el Conquistador" en turco otomano, había tomado Constantinopla en 1453, pasando a controlar la entrada a Europa, antes asumida por el imperio bizantino.
4. Esa confianza en el Mapamundi y demás mapas en la *Universalis Cosmographia* (1507) ("*Secundum Ptolomaei Traditionem*"), asociado con la medida errónea de Ptolomeo del diámetro de la Tierra, después le costó mucha incertidumbre y sufrimientos a Magallanes, que esperaba llegar mucho antes a Asia y no entrar en zona adjudicada a Portugal.

## CAPÍTULO 17

# MAGALLANES Y LA EXPEDICIÓN QUE DESCUBRIRÍA LA PATAGONIA. Parte II: un enigma de la toponimia

Luis A. Quesada-Allué<sup>1,\*</sup>  
Diana Sofía Gitlin<sup>2,\*\*</sup>

1. Asoc. Argentina para el Progreso de las ciencias. Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires. Fundación Instituto Leloir e IIBBA-CONICET. Prof. Tit. Cons. Depto d Química Biol.FCEyN-UBA.
2. Ex Prof. UBA (CBC, FyB) y UTN); Ex.doc. UBA y U. California.  
(\*\*)Fallecida 21/8/2022.

\* lualque@iib.uba.ar

**Palabras clave:** *Patagonia, Patagones, Magallanes, Molucas.*

**Keywords:** *Patagonia, Patagons, Magellan, Moluccas.*

### Resumen

En esta segunda parte del relato de la Expedición de Magallanes se compila abreviadamente lo conocido sobre los eventos del viaje desde la partida de Brasil hasta el descubrimiento del estrecho que permitió el paso al Asia. Hemos enfocado esta nota en el enigma toponímico generado por el étimo patagones, a su vez un misterio. Se comentan las sublevaciones y traiciones ocurridas durante esta etapa de la expedición y otros hechos importantes.



## Abstract

### Magellan and the expedition that would discover Patagonia: Part II: An enigma of toponymy

In this second part of the Magellan expedition we briefly compiled most of the known events of the trip, from departure of Brasil until discovery of the street allowing navigation to Asia. We focused on the toponymic enigma derived from the etymon patagons, in turn a mystery. We commented the uprisings and treasons that took place during this stage of the expedition as well other important facts.

## INTRODUCCION

Los grandes acontecimientos históricos asociados al descubrimiento y exploración de nuevas tierras al oeste del Atlántico (“Indias” de Cristobal Colón, “Mundus novus” de Amerigo Vespucci o “Terra incognita” de Martín de Bohemia<sup>1</sup>) trajeron aparejados una multitud de topónimos nuevos, asociados a los lugares donde iban llegando los europeos. Ha sido especialmente interesante la génesis de denominaciones nuevas peculiares, no asociadas al lenguaje, tradiciones o costumbres del lugar, como América, Montevideo, Venezuela, California y Patagonia.

384

Además de focalizarnos en el origen del topónimo Patagonia, resulta importante continuar aquí con la compilación de datos, someramente resumidos, sobre los eventos asociados a la expedición de Magallanes. En esta segunda parte se cubrirá la etapa desde su partida del Brasil hasta el descubrimiento del estrecho que permitiría la nueva ruta a las Molucas. (ver primera parte, Gitlin y Quesada-Allué, 2021).

Para la Argentina, lo más relevante del viaje de Magallanes ha sido la llegada a su territorio de las naves, la génesis del nombre Patagonia y el descubrimiento del estrecho de Magallanes, siendo esto último lo más trascendente a nivel universal, ya que habilitó la primer vuelta al mundo. La mayor parte de lo conocido se encuentra en el primer libro del relato del veneciano-lombardo Pigafetta, titulado *“Partida de Sevilla hasta la desembocadura del estrecho de Magallanes”* (Denuce, 1923 ; Peillard,1970; Pigafetta,1525,a,b; 1800,1899, 2011, 2012, 2015; Skelton, 1969).

Para ratificar la fidelidad del relato de Pigafetta en sus datos esenciales, resultaron de significativa importancia anotaciones coincidentes de fechas y posiciones realizadas por el piloto Francisco de Balbo, así como observaciones de Andrés de San Martín (piloto), también coincidentes. Lo más criticado del documento de Pigafetta ha sido la ausencia de mención al protagonismo de Elcano, el sobreviviente al mando del resto de la expedición como capitán de la “Victoria” en la última etapa. Esa omisión resulta explicable y en cierta medida

comprensible, por no haberle perdonado Pigafetta su participación, junto a los otros sublevados, en el motín contra Magallanes, a quien el lombardo idolatraba (ver mas adelante). Pigafetta aparentemente vivió como una cruel paradoja que el traidor amotinara intentando capitalizar casi todo el éxito de la expedición, ideada y generada por Magallanes.

Datos complementarios sobre el viaje fueron aportados por relatos de sobrevivientes de la expedición (Transilvano, 1522; Mafra, 1920; Fernandez de Navarrete, 1837), pero debido a la enemistad de la mayoría con Magallanes y a la actitud de Sebastián Elcano (El Cano,1522), la exactitud de algunos de esos datos debe tomarse con suma prudencia. Es muy difícil discernir en la famosa carta de Maximiliano de Transilvano (de Transilvania), Secretario del Emperador, donde se compilan declaraciones de los sobrevivientes del viaje, qué datos fueron eventualmente tergiversados, omitidos o simplemente inventados por los declarantes (Transilvano, 1522). Esa carta grandilocuente y enfática, fue remitida, a modo de resumen del viaje, al cardenal arzobispo de Salzburgo y obispo de Cartagena, Mateo Lang de Wellenburg; y presenta sospechosas diferencias con el relato de Pigafetta.

Como en la mayoría de los relatos de viajeros de la época, en el relato de Pigafetta aparecen algunos tópicos exagerados o imaginados. Muy importante para la época fueron las descripciones de Pigafetta de la topografía (bahías, detalles geográficos, etc), meteorología, habitantes y sus costumbres, fauna marina y terrestre y plantas; no siendo este el lugar para comentarlos (Font Gavira,2020; Ruiz de Gordejuela,1941).

La anécdota central para la toponimia argentina fue el bautizo por Magallanes del primer habitante contactado en las nuevas tierras, como Patagón. Y como consecuencia, un pequeño grupo de nativos tehuelches, que interaccionaron con los primeros europeos llegados al actual Sur Argentino fueron denominados "Patagones". Así, por el nombre otorgado a sus habitantes, esas tierras australes pasaron a llamarse Tierra de los Patagones y, después, Patagonia. Creándose un misterio toponímico todavía, como veremos, no completamente resuelto.

## DE BRASIL AL "MAR DULCE" DE SOLÍS

El 27 de Diciembre de 1519, la flotilla de la expedición de Magallanes abandonó el área de la actual Río de Janeiro y, costeano, llegó hasta el actual territorio uruguayo. En el derrotero de Francisco Albo figuran los registros del paso por el Cabo de Santa María, (bautizado por la expedición de Solís el 2 de Febrero de 1516 y Punta del Este actual), de la isla de San Sebastián (Isla de lobos) y de la Bahía de la Candelaria (Bahía de Maldonado). Al avistar el "monte en forma de sombrero" a la altura de la actual Montevideo, y quizás (según algunos historiadores), haber desembarcado algunos tripulantes, aparece en las notas de Albo la denominación del accidente geográfico como "Monte Vidi", generándose

allí otro misterio toponímico no directamente atribuible a ningún capitán de la expedición. La leyenda que explica el nombre de Montevideo por el avistaje del monte y la presunta exclamación “monte vide eu” (que parece insólita) de un grumete, no parece tener sustento ya que habría hablado mezclando tres idiomas. Tampoco parece tener sentido que fuera una expresión en latín (Montem video) pues los marineros eran en su mayoría bastante incultos. En cualquier caso, los nombres los ponían casi siempre los capitanes. Se ha especulado con siglas numéricas por números romanos [Monte VI (sexto), D (quinientos)] o códigos (Cuitiño, 2018), lo que implicaría aceptar la existencia de alguna inscripción, que algunos afirman habría sido vista por Andrés de San Martín y este a su vez atribuyó a un grabado en una piedra por Vespucci. También supuestamente este último habría llegado anteriormente con una supuesta secreta expedición portuguesa (Casal, 1953; Levillier, 1962). Pero como San Martín era discípulo de Vespucci, también existe la posibilidad de que el relato del grabado haya sido un invento.

La expedición llegó al “Mar dulce” de Solís, que exploraron entre el 12 de Enero y el 3 de Febrero. Las naos exploraron la costa sudoeste del estuario, remontando la carabela “Santiago” el río Uruguay. E intentaron capturar algunos nativos. Según la palabras de Pigafetta:

*“...continuando en seguida nuestra derrota pegados a la costa hasta los 34° 40’ de latitud meridional, donde encontramos un gran río de agua dulce. Aquí es donde habitan los caníbales, es decir, los que comen carne humana.”*

*“Aquí fue donde Juan de Solís, que andaba como nosotros descubriendo nuevas tierras, fue comido con sesenta hombres de su tripulación por los caníbales.”*

*“Para no dejar escapar la ocasión de verles de cerca y de hablarles, saltamos a tierra en número de cien hombres, persiguiéndolos a fin de poder atrapar algunos, mas daban unos pasos tan desmesurados, que, aun corriendo y saltando, no pudimos nunca alcanzarlos.”*

En esta parte de sus anotaciones, Pigafetta ya comienza a hablar de los nativos como hombres muy altos y fornidos y otros detalles que se consideran exagerados o inventados.

## LLEGADA A PATAGONIA Y NAVEGACIÓN HASTA EL PUERTO DE SAN JULIÁN

Después de explorado el Río de la Plata, descartando de nuevo el posible paso occidental, tal como había concluido la expedición de Solís, continuaron navegando hacia el Sur, avistando tierras donde se cree nunca antes habían llegado europeos, más allá de presuntos viajes secretos nunca hasta ahora confirmados.

Desde el 7 hasta el 11 de Febrero de 1520, ya muy avanzado el verano, la expedición costeó el actual territorio de la Provincia de Buenos Aires, llegando hasta la bahía de “El Rincón” (hoy Bahía Blanca), donde luego algunas de las naves fondearon entre el 12 y el 20 del mismo mes. Desde fines de Febrero al 2 de Marzo continuaron explorando y recorriendo las costas de las actuales Río Negro y Chubut, avistando por primera vez para los europeos golfos patagónicos. Así, el 21 de Febrero llegaron hasta la actual Península de Valdés y el 22 y 23 costearon la “Bahía sin fondo” (el actual Golfo Nuevo), siguiendo al Norte y entrando el 24 al golfo San Matías. Puntos aparentemente descubiertos primero por la nao de Francisco Albo, que se había adelantado a los demás barcos. El contra maestre escribió sobre la península de Valdés:

*“A los 21 del dicho, tomé el Sol en 55º, tenía de declinación 7º 4’, vino a ser la altura 42º 4’ y el camino fue Sudoeste 4ª al Oeste, fondeamos y hallamos fondo de 55 brazas.”*

Y luego escribió:

*“A los 24 del dicho, tomé el Sol en 53º, tenía de declinación 5º 54’, vino a ser la altura del polo [del lado] del Sur 42º 54’, y el camino fue al Oesnoroste, y estábamos en derecho de una bahía muy grande, a la cual pusimos nombre de la Bahía de San Matías, porque la hallamos en su día. Entramos bien dentro y no podíamos hallar fondo hasta que fuimos dentro de toda ella y hallamos 80 brazas, y tiene de giro [perímetro] 50 leguas, y el embocamiento [la embocadura] va al Noroeste y está en altura de 42º ½.”*

La expedición siguió al sur bordeando la costa de Chubut y llegaron al golfo San Jorge. Y del 3 al 29 de marzo, exploraron la costa de Santa Cruz hasta llegar a San Julián. A esa altura, muchos en la expedición la consideraban fracasada y planteaban el regreso, mientras aumentaba el desagrado de los capitanes españoles con Magallanes.

Pigafetta describió, como lo hizo a través de todo el relato del viaje, los animales y plantas que le eran desconocidos. Por ejemplo dice de los pingüinos:

*“Son negros y parece que tienen todo el cuerpo cubierto de plumas pequeñas, y las alas desprovistas de las necesarias para volar, como en efecto no vuelan: se alimentan de pescados y son tan gordos que para desplumarlos nos vimos obligados a quitarles la piel. Su pico se asemeja a un cuerno.”*

De los lobos marinos hace una muy buena descripción:

*“...son de diferentes colores y más o menos del tamaño de un becerro, a los que se parecen también en la cabeza. Tienen las orejas cortas y redondas y los dientes muy largos; carecen de piernas, y sus patas, que están pegadas al cuerpo, se asemejan bastante a nuestras manos, con uñas pequeñas, aunque son palmípedos,*

*esto es, que tienen los dedos unidos entre sí por una membrana, como las nadaderas de un pato. Si estos animales pudieran correr serían bien temibles porque manifestaron ser muy feroces. Nadan rápidamente y sólo viven de pescado.”*

## LLEGADA A SAN JULIÁN Y SUBLEVACIÓN

Llegados a la actual bahía de San Julián, el 29 o 31 de Marzo, donde fondearon y dieron nombre al Puerto San Julián, Magallanes decide que la escuadra invernaría en ese punto de la costa. De alguna manera, con visión histórica, nos resulta paradójico que cuando la expedición, por la decisión de Magallanes, fondeó en San Julián, estaban tan solo a 290 kilómetros del estrecho que comunica el Atlántico con el Pacífico. Al poco de anclar hubo una queja formal de la mayoría de capitanes españoles porque Magallanes todavía no les había mostrado el derrotero de la expedición. Finalmente, Magallanes les informó los detalles del derrotero a seguir según el plan secreto propuesto a Carlos I para llegar a la Especiería por occidente. Los capitanes habrían entonces alegado lo improductivo de permanecer en esas costas desoladas y lo instaron a seguir avanzando hacia el Sur. Magallanes no aceptó, temiendo el rigor invernal. Inmediatamente después se desencadenó un doble motín, inicialmente exitoso pero prontamente abortado (Anónimo, 2019; Bergreen, 2012; Bernal, 2019; Cabrero Fernandez, 1987, Falkner, 1911; Merino, 2019).

388

No es objeto de este artículo analizar en detalle los eventos asociados a las sublevaciones ocurridas en esa primera parte del viaje de Magallanes. Son temas que los especialistas han investigado a fondo (Bergreen, 2012; Bernal, 2019; Lira, 2020; Rosati et al, 2020). Enumeramos aquí sucintamente los principales eventos asociados al motín y -cotejando a Pigafetta con otras versiones- parece que los acontecimientos habrían sido así: Probablemente el primero de Abril, Juan de Cartagena es liberado por Gaspar de Quesada, encargado de su custodia (ver arriba) y reasume como veedor del Rey, otra vez activo. Ambos, junto con Luis de Mendoza (Capitán y Tesorero) y Antonio de Coca (contador) encabezarón la sublevación. Magallanes, que estaba alerta pero no pudo evitar el motín, pudo contar solamente con 2 de los barcos, la “Trinidad” y el “Santiago”, quedando en minoría. El 7 de Abril, con una maniobra osada, Magallanes ayudado por Gonzalo Gómez de Espinosa, que mata al capitán Luis de Mendoza, toma la “Victoria” y tiende una trampa a la “Concepción” y a la “San Antonio”. Esta estaba comandada por Elcano (Delcano) (nombrado por Antonio Coca), que se había unido a la sublevación pero al ser intimado a deponer armas, se rinde. Se detiene a todos los sublevados y en los incidentes muere apuñalado Coca. En lo que se considera un exceso de rigor, Quesada es condenado, decapitado y descuartizado (el cuerpo de Luis de Mendoza también). El Consejo de guerra lo presidió Álvaro de la Mezquita, primo de Magallanes y éste, obligado por las circunstancias, para no quedar sin tripulantes, perdona a la mayoría de los conspiradores, entre ellos a Elcano. Pero unos días después, Juan de Cartagena,



a pesar de haber sido perdonado, vuelve a conspirar y fracasa. Es abandonado (“desterrado”) junto con el sacerdote Sanchez de Reyna en una isla. (Serían más tarde rescatados por la “San Antonio”, que desertó). Pigafetta escribió:

*“Habíamos apenas fondeado en este puerto cuando los capitanes de las otras cuatro naves formaron un complot para matar al comandante en jefe. Estos traidores eran Juan de Cartagena, veedor de la escuadra; Luis de Mendoza, tesorero; Antonio Coca, contador, y Gaspar de Quesada. El complot fue descubierto: se descuartizó al primero y el segundo fue apuñalado. Se perdonó a Gaspar de Quesada, quien algunos días después meditó una nueva traición. Entonces el comandante, que no osaba quitarle la vida porque había sido creado capitán por el Emperador en persona, lo arrojó de la escuadra y lo abandonó en la tierra de los patagones con cierto sacerdote su cómplice.”*

Durante la estadía, en la mayor altura cercana a Puerto San Julián (que llamaron “Monte Cristo”), Magallanes clavó una cruz tomando posesión de las tierras (o sea de la futura Patagonia) en nombre del Rey de Castilla. Y por tanto fue incluido en la Capitanía de Nueva León que cubría toda la Patagonia y permitía llegar hasta el Pacífico por tierra: derivando después en el Virreynato del Río de la Plata. Interesantemente, este hecho tiene gran importancia geopolítica ya que, inclusive en la actualidad, después de numerosos tratados binacionales y reconocimientos mutuo de límites, existe una línea argumental de ciertos chilenos, que consideran la Patagonia como históricamente propia.

## CONTACTO CON LOS NATIVOS Y SU “BAUTIZO” POR MAGALLANES

Resulta de gran interés para la Argentina el primer contacto con los habitantes nómades de la zona y los nombres derivados de esa experiencia. Desde su llegada a San Julián, en contraste con la experiencia en el Río de Solís, los exploradores no habían visto ningún ser humano. El primer avistamiento de nativos en la zona de San Julián está relatado como una peculiar escena de danza realizada por un solo individuo extrañamente maquillado. En palabras de Pigafetta, en las diferentes versiones, dice:

*“Transcurrieron dos meses antes de que avistásemos a ninguno de los habitantes del país. Un día en que menos lo esperábamos se nos presentó un hombre de estatura gigantesca. Estaba en la playa casi desnudo, cantando y danzando al mismo tiempo y echándose arena sobre la cabeza”. “haueua la faza grande et depinta intorno de rosso et intorno li occhi de jallo co dui cori depinti in mezzo de le galte, li pocqi capili q’haueua erano tinti di bianco.”*

Este primer nativo, probablemente chamán por sus aderezos y pinturas del cuerpo y rostro, aparentemente habría sido elegido por los que se cree eran tehuelches locales (Aonikenk en su lengua, Martinic Berós, 1995), para hacer el

primer contacto con los europeos. Era probablemente de alta estatura pero no un gigante, como lo describió exageradamente Pigafetta.

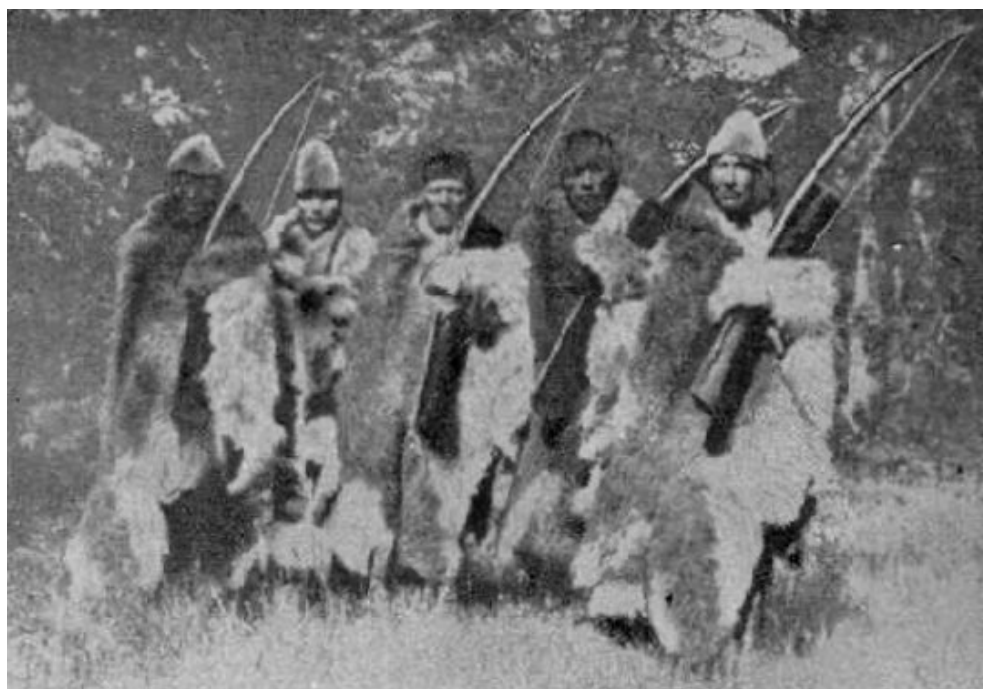
*“Este hombre era tan alto que con la cabeza apenas le llegábamos a la cintura.”*

Días después conocieron otros nativos:

*“Al cabo de quince días vimos venir hacia nosotros cuatro de estos hombres, y aunque se presentaron sin armas, supimos en seguida por dos de ellos que apresamos que las habían ocultado entre los arbustos: todos estaban pintados, pero de maneras diversas.”*

*“Estos pueblos se visten, como lo he indicado ya, de la piel de un animal, y con la misma cubren sus cabañas, que transportan donde más les conviene, careciendo de morada fija, pero yendo, como los bohemios, a establecerse ya en un sitio ya en otro. Se alimentan de ordinario de carne cruda y de una raíz dulce que llaman capac.”*

Posteriormente, según relato minucioso y antropológicamente preciso de Pigafetta, tuvieron varios tratos con los nativos, inicialmente felices pero que finalmente terminaron en conflicto, debido a los prejuicios, prepotencia y trata-



**Figura 1.** foto publicada por <https://tehuelchesliteratura.blogspot.com/2011/> Sociedad Tehuelche, sin indicación de fecha, autor ni lugar.

miento de los nativos como inferiores, habituales de los colonizadores (Barbon Rodriguez, 2005; Bataillon y Saint-Lu, 1985; Durán, 2009; Fernandez de Navarrete, 1837; Fernandez de Oviedo, 1535; Mazon Serrano 2021).

Navegantes y exploradores posteriores, incluyendo a Darwin (1890) confirmaron la fuerte textura física y la alta estatura promedio de estos nativos, con sugerencia de que algunos podrían haber alcanzado los 1,90 m, o más, por lo que con los voluminosos tamangos de pieles que usaban, podrían haber llegado a una talla aparente cercana a los 2,00 metros (Ulijaszek et al,1998) . Hay que tener en cuenta la baja estatura promedio de los mediterráneos en esa época, que quizás por eso se asombraron de la estatura y físico poderoso de ese primer habitante avistado y de los siguientes con quienes interactuaron. Pigafetta describe varias situaciones derivadas de los contactos con los *“indios cubiertos de pellejos de antas, que son como camellos sin comba”* (Figura 1) y describe:

*“Las mujeres no son tan grandes como los hombres, pero en cambio son más gruesas. Sus pechos colgantes tienen más de un pie de largo. Se pintan y visten de la misma manera que sus maridos, pero usan una piel delgada que les cubre sus partes naturales. Y aunque a nuestros ojos distaban enormemente de ser bellas, sin embargo sus maridos parecían muy celosos.”*

Y lo más importante, escribe sencillamente, sin entrar en detalle, lo fundamental para el objetivo de este artículo:

*“El Capitán General llamó a los de este pueblo **Patagones.**”*

Aparentemente, Magallanes habría primero llamado Patagón al imponente chaman de alta estatura (no claramente documentado) y luego Patagones a todos los habitantes, tal como lo documenta Pigafetta. Y en ese momento comenzó el enigma de este apelativo, que pasaría a ser étimo del enigma toponímico más importante para la Argentina: Patagonia. En los textos de Pigafetta figuran “populi patagoni”, y también se dice “in questa tera Patagonia”, mencionándose “Regione patagonia” y “streto patagónico”. No cabe duda, por tanto de la secuencia de apelativos. En el mapa dibujado por Pigafetta (Figura 2) aparece por primera vez en la cartografía “Regione patagonia”. Y posteriormente al viaje, el topónimo Patagonia apareció en numerosa cartografía, haciéndose definitivo. En confirmación de Pigafetta y de la designación de los nativos, en el Archivo de Indias consta que “Joan Sebastián Delcano” (en coincidencia con Francisco Albo) dijo ante el Alcalde Leguizamio y el representante del Rey, cuando se investigaron los hechos que la isla donde son abandonados los sublevados de Puerto San Julián, era “tierra de patagones” (Fernandez de Navarrete, 1837). Declaró:

*“porque se querían tornar á alzar otra vez, é los echó en tierra de los patagones” y “echó al dicho Joan de Cartagena é á un clérigo en tierra de los patagones.”*



**Figura 2.** Mapa original de Pigafetta, con el Sur hacia arriba, donde por primera vez figura el nombre de la Patagonia y los principales accidentes geográficos, dibujando simplificadaamente el paso “Streto Patagonico”.

## EL ORIGEN DE LOS NOMBRES PATAGONES Y PATAGONIA

El origen del topónimo Patagonia ha despertado siempre sumo interés (Base de datos Patagonia, 2001; Casamiquela, 1978; Doura, 2011, 2016; Lida de Malkiel, 1972, 1976; M R Ryan et al, 2004). Y por tanto, hay numerosos artículos e interpretaciones variadas sobre la razón por la cual Magallanes le puso el nombre de Patagón al chamán que fue el primer nativo en aparecer en San Julián (Deodat, 1955, Doura, 2011, Lida, 1972, 1976, Ossés, 2008). Lo que más se buscó, durante mucho tiempo, fue una explicación etimológico-lingüística, sin prestar atención a las posibles y alternativas motivaciones de Magallanes al poner el nombre. Existen tres hipótesis principales, que discutiremos a continuación. Las dos más difundidas son de alguna manera complementarias, relacionadas con la hipótesis de “pies grandes”. Inicialmente se asumió que al tratarse los nativos de hombres muy altos, quizás con pies grandes, existiría alguna aproximación al mote de “Patones”. También, como los tamangos de pieles de guanaco que usaban los nativos dejaban grandes huellas en la arena y en la nieve, quizás se les podría haber otorgado esa calidad de patones. Alternativamente, pensando en la intención de Magallanes y en su primera impresión de los tehuelches, se trataría de un nombre de fantasía eventualmente inspirado en una novela.

### Las teorías de los “pies grandes”

Por razones de presunta (errada) raíz idiomática o bien castellana o bien portuguesa, y debido a los supuestos “pies grandes”, durante mucho tiempo la mayoría de historiadores, desde Fernandez de Oviedo (1535) y López de Gómara (1553), han dado crédito a la versión de que el nombre era debido a los supuestos grandes pies, reales o aparentes, de los “gigantes” tehuelches. O sea que se los podría haber considerado, en castellano, “patones”. Concurrentemente, a esta versión se le añadió la generada por la evidencia comprobada de las grandes huellas que dejaban esos enormes tamangos en la nieve y en la arena, cosa verificada posteriormente por otros (Musters. 1911). Todo indica que esos voluminosos y rústicos tamangos de pieles de guanaco generaban gran volumen y aumentaban mucho la altura. Por otra parte, comentarios posteriores abonaron el concepto. Existe el dato de que los primeros indígenas patagónicos incorporados al ejército necesitaron calzados muy grandes (Vidal de Battini, 1975; Llarás de Samitier, 1984), si bien no se aclaró si sus pies eran muy grandes o bien la conformación, muy especial, del empeine, requería mayor tamaño, tal como lo había comentado Musters (1911). Según Fernandez de Oviedo (1535), el misionero Joan de Areyzaga, refiriéndose a los patagones, consideraba *“un disparate puesto a esta gente por los cristianos, porque tienen grandes pies, pero no desproporcionados según la altura de sus personas, aunque muy grandes, más que los nuestros”*.



Por lo expuesto, la idea del nombre asociado a “patas” grandes, divulgada en el pasado por la mayoría, ha sido la enseñada (todavía se enseña) en las escuelas; y por tanto es la que está instalada en la cultura popular.

Entre las primeras dudas en cuanto al origen del nombre, resultaba obvio que Pigafetta, aunque exagerando la estatura de los tehuelches, nunca dijo que hubiera sido causado por pies desproporcionados o sobredimensionados; aunque si mencionó el uso de calzado de pieles de “anta” (guanaco). Resultó también importante considerar que Magallanes hablaba habitualmente, y –probablemente- pensaba siempre en portugués, no siendo demasiado fluido en castellano. Podría, por tanto, pensarse que el nombre Patagones podría provenir del portugués. Pero en ese idioma la palabra quizás más cercana, “patacao” se refiere o bien a una moneda o bien a una persona estúpida y no al equivalente portugués de un “paton-patona” castellano. La hipótesis de que Magallanes o alguno de su entorno hubieran pretendido implicar que los nativos eran gente poco inteligente, de poco valor, es muy poco verosímil ya que se sabe que los expedicionarios consideraron a los tehuelches pobres y primitivos, pero inteligentes y habilidosos. Por razones lingüísticas, también se descarta, por ser inexistente en portugués, Pata Cao/Cau que alegaron algunos.

Por otra parte, si Magallanes hubiera pensado en castellano, o lo hubiera escuchado o discutido con los españoles, a lo sumo hubiera nombrado “Patones” a los nativos, si creía que lo eran; lo cual está fonética- y lingüísticamente muy alejado de Patagones. En la misma línea de pensamiento, el parentesco fonético con el castellano “Patacones”, que era una moneda de poco valor (8 maravedíes) implicaría que se aceptara la mencionada teoría del poco valor atribuido a los nativos. Pero además es probable que esa moneda todavía no circulase en 1519; y en cualquier caso no era la de menor valor.

Todo lo anterior ha sido ampliamente discutido por numerosos autores (Doura, 2011, 2016; Gonzalez 2000 a,b, 2019; Lida de Malkiel, 1972, 1976), quienes dan poco crédito a la versión tradicional.

## Ideas alternativas con poco fundamento

Todos los que intentaron encontrar un étimo para Patagonia, sin considerar Patagón o patagones, obviamente carecen de fundamento histórico. De acuerdo a lingüistas, los intentos de una hipotética raíz indigenista, además de tener que recurrir a lenguajes de otras comunidades diferentes de los tehuelches, aparentemente han resultado faltos de conexión verosímil.

La discusión por el hecho de que en la versión italiana de su relato, Pigafetta usa el vocablo “patagoni”, lo único que indicaría es una italianización de patagones como indica Gonzalez, (2019), quien ha realizado un exhaustivo estudio etimológico sobre Patagonia.

Doura (2016) planteó una hipótesis que parece incoherente dados los hechos narrados por Pigafetta y otros: que Patagonia derivara de Paphlagonia, (Παφλαγονία), la región de la Grecia pre-Helénica. Está aceptado por la enorme mayoría que primero Magallanes bautizó a los nativos como Patagones y recién después a la tierra de los mismos Pigafetta la llamó “Regione Patagonia”.

## La conexión Primaleón-Patagones

Recién en 1952, María Lida de Malkiel formuló una posible nueva teoría sobre el origen del nombre Patagón: supuso que el nombre habría sido tomado por Magallanes de una popular novela castellana de caballerías, Primaleón, donde aparece el personaje Gran Pathagón. Este es un gigante con características de monstruo salvaje, pero bueno, que aparece en el capítulo 133:

*“Primaleón y su tripulación llegan a la Isla habitada por el Gran Pathagón...y son recibidos por el Señor de la Isla. Su hijo Palantín les informa de la existencia de los patagones, extraños habitantes refugiados de las montañas....Y son así como salvajes que no traen sino vestiduras de pieles de animales que matan y son tan desmejadas que es cosa maravillosa de ver. Mas todo es nada con un hombre que agora ay entr’ellos que se llama Pathagón. Este hombre es en realidad un monstruo híbrido hijo de un desemejado animal de estas montañas y una patagona....”*

Parecería clave para la hipótesis, además de las características y vestimenta de pieles de Pathagón, la mención, muy evocadora, de que el héroe y expedicionario Primaleón llega a la Isla con “su tripulación”. También la coincidencia de comer carne cruda ambos nativos, los del libro y los reales. En una de sus correrías, dice Lida de Malkiel, Primaleón “apresa al monstruo Pathagón, quien se amansa en presencia de las damas” (lo cual por cierto indicaba que no era tan salvaje, en forma similar a los tehuelches de San Julián). La simple y lógica teoría de esta investigadora fue que Magallanes, que era gran lector y llevaba libros en su nave, como la mayoría, también leía novelas de aventuras, incluyendo la segunda del Palmerín recién editada en 1512. Y se sabe que en general los mandos en la expedición y en particular Magallanes, llevaban bastantes libros y entre ellos dichas novelas de caballerías<sup>1</sup>. Lida asume que probablemente el chamán del primer contacto le evocó inmediatamente a Magallanes la escena del Primaleón con el gigante Pathagón y le puso ese nombre a los nativos.

Esta novela probablemente escrita por Francisco Vázquez y publicada en Salamanca en 1512 (Vázquez, 1512, 1563; Norton, 1960) es una continuación del Palmerín de Oliva, quizás también escrito por el mismo autor (Figura 3). Las diferentes versiones suelen tener pequeños cambios en el texto. Se sabe que ambos libros y sus secuelas gozaron de una gran difusión, en una época donde los denominados libros de caballerías hacían furor entre los relativamente pocos que sabían leer. Aquellos exploradores y conquistadores españoles que eran instruidos eran especialmente adeptos a estos libros fantásticos<sup>2</sup>. En el Quijote



Figura 3. Primaleón. Edición de Sevilla, 1549.



hay una divertida escena donde Alonso Quijano, el cura y el barbero deciden quemar, entre otros libros, al Palmerin de Oliva, porque trastornaban la cabeza de los lectores incitándolos a participar de aventuras.

Por lo expuesto, pudiera ser que diferentes piezas de inspiración (pies y huellas grandes de un gigante estrafalario más la imagen del mítico Pathagón, ambos comiendo carne cruda) convergieran en la mente de Magallanes, que pensaba en portugués pero que en el viaje escuchaba y hablaba todo el tiempo en castellano; y además conocía al mítico Pathagón del Primaleón<sup>1</sup>. En cualquier caso, sin ninguna clase de duda, Patagones fue el étimo de Patagonia. En cuanto al uso inmediato de los nombres, además de los textos de Pigafetta hay otras fuentes que lo confirman. A pesar de haberse conservado muy pocos testimonios escritos de otros miembros de la expedición, existen muchas referencias por testigos y entrevistadores oficiales inmediatamente posteriores al viaje, que aluden a escritos y/o manifestaciones de algunos de los tripulantes sobrevivientes, que nombraron Patagones y Patagonia (El Cano, 1522; Mafra, 1920; Varela, 2018).

## LA POSIBLE INFLUENCIA DEL MITO DE LOS GIGANTES PATAGONES EN POSTERIORES RELATOS DE LA ÉPOCA

En esos años, los españoles, portugueses, y aquellos que circulaban o vivían en Sevilla, San Lúcar de Barrameda u otros puertos con intenso tráfico hacia y desde el “mundo nuevo” recién descubierto, estaban expuestos a muchas noticias y leyendas. Y existía un gran tráfico con otros puertos de Europa. Frecuentemente se mezclaba lo real con lo fantástico y la curiosidad de la población era enorme. En particular, todo indica que como consecuencia de la expedición de Magallanes y los relatos de los sobrevivientes, los conquistadores (tanto capitanes como tripulaciones) estaban predisuestos a aceptar historias sobre la existencia de gigantes en el nuevo mundo. Muchos de los mitos ancestrales sobre gigantes que siempre circularon en Europa, en parte sustentados por hallazgos paleontológicos malinterpretados (Pelayo, 1994), resurgieron ante los relatos sobre los gigantes patagones; que inicialmente se transmitieron boca a boca y más tarde aparecerían en numerosos escritos. Los más cultos, especialmente los frailes evangelizadores participantes de las expediciones, recogieron datos sobre culturas pre-hispánicas y especialmente recopilaron las leyendas que les transmitían los nativos. Una de las más difundidas fue la de los presuntos gigantes mesoamericanos, los Quinametzin. Una de las historias que habla, moderadamente, de “*hombres y mujeres muy altos*” es la famosa “Historia verdadera de la conquista de Nuevo Mexico” (1532) del militar Bernal Díaz del Castillo (Barbón Rodríguez, 2005). El relato sobre leyendas de hombres gigantes en toda América también figura en el Códice Florentino, una enciclopedia redactada por el misionero franciscano Bernardino de Sahagún (Bernardo Ribera) (1999) junto con historiadores Nahuas. Los frailes Diego Durán (2009) y Andrés de Olmos también se ocuparían del tema, relatando leyendas de los mexicanos Otomíes.

Existen notas similares sobre gigantes Quinametzin mexicanos en el llamado Códice Vaticano B-3773 y en el Códice de San Juan de Zumárraga. Esas leyendas también comenzarían a ser difundidas en toda Europa; gracias a la publicación de numerosos relatos, Durante los dos primeros siglos después del viaje de Magallanes, muchos europeos alimentaron dichos relatos, como Pedro Sarmiento de Gamboa (1580), José de Acosta (1590), Thomas Cavendish, Sebald de Weert, Leonardo de Argensola (1609) y muchos otros.

## EL OBJETIVO DEL VIAJE: EL “ESTRECHO DE LOS PATAGONES” (CANAL DE MAGALLANES)

La carabela Santiago, al mando de Juan Serrano, fué enviada a explorar hacia el Sur, mientras el resto de las naves permanecía en el Puerto de San Julián. El 22 de mayo, debido a una fuerte tormenta, la carabela encalló y zozobró en la desembocadura del río Santa Cruz. Todos los tripulantes, salvo un esclavo, sobrevivieron y poco a poco fueron capaces de recuperar gran parte de la carga y de los víveres. Se tomó la decisión de que dos hombres regresaran a pie, por la costa, hasta San Julián. Tras la extenuante travesía estos pudieron avisar lo sucedido. Enseguida se enviaron por tierra hombres para socorrer a los náufragos y ayudar al recupero de las provisiones y todo otro material utilizable. Escribió Pigafetta:

“.....habiendo el comandante en jefe enviado en el acto algunos hombres con sacos de bizcocho. La tripulación se quedó durante dos meses en el sitio del naufragio para recoger los restos de la embarcación y las mercaderías que el mar arrojaba sucesivamente a la playa; y durante este tiempo se les llevaban víveres, aunque la distancia era de cien millas y el camino muy incómodo y fatigoso a causa de las espinas y malezas, en medio de las cuales se pasaba la noche, sin poseer otra bebida que el hielo, que había que romper, y esto mismo no se hacía sin trabajo.”

El 24 de Agosto zarparon las naves de San Julian, llegando a Puerto Santa Cruz dos días después, en medio de fuertes tormentas. Los náufragos rescatados fueron distribuidos entre las restantes naos. El clima y la abundancia de pesca y agua dulce decidieron a Magallanes a esperar otros 53 días más en este puerto, hasta el 18 de Octubre. Esta etapa fue narrada muy escuetamente por Pigafetta:

“... costeando, hacia los 50° 40’ de latitud sur, vimos un río de agua dulce en el cual entramos. Toda la escuadra estuvo ahí a punto de naufragar, a causa de los vientos deshechos que soplaban y embravecían el mar..... Pasamos ahí dos meses para abastecer las naves de agua y de leña. Nos proveímos también ahí de una especie de pescado, como de dos pies de largo y muy cubierto de escamas.”

Finalmente, parten hacia el Sur y a los tres días, el 21 de octubre de 1520, descubren la entrada (¿el Cabo?) que denominan de las Once mil Vírgenes y siguieron



costeando, sin saber que habían llegado a la meta principal de la expedición, la embocadura del ansiado paso hacia las Molucas.

El piloto Francisco Albo escribió: *"...tomé el sol en 52 grados limpios, a cinco leguas de tierra. Y allí vimos una ubierta como bahía."*

Coincidentemente, Pigafetta escribió: *"...a los 52 grados del mismo rumbo encontramos ....un estrecho cuyo cabo denominamos 'Cabo de las once mil Vírgenes' por su milagro grandísimo..."*

Poco después, a pocas millas. el primero de Noviembre, avistan el Cabo que bautizan de todos los Santos (hoy Punta Dungeness). (Después de muchos litigios Argentina y Chile firmaron en 1984 un tratado de paz, reconociendo a punta Dungeness como punto más oriental del estrecho de Magallanes). Al darse cuenta de que en la entrada que se abría hacia el Oeste el agua seguía siendo salada, se entusiasman con la posibilidad de estar en un posible paso, de cuya existencia Magallanes nunca había dudado. Adentrándose en esa bahía, avistaron una compleja topografía de salientes, canales y ensenadas. Según versión aceptada por la Armada Chilena, Magallanes habría encargado al piloto Juan Carvalho que desembarcara en el lado norte de la abertura, para ganar algo de altura, subiendo este hasta alrededor de 100 m, visualizando más horizonte. Pudo comprobar que las vías de agua continuaban. Fue muy complicada la exploración, en dos etapas, del laberíntico estrecho, que se inició en la primer bahía, en medio de una tormenta violenta. Escribió Pigafetta, según una de sus versiones:

*"En la noche sobrevino una borrasca terrible que duró treinta y seis horas, que nos obligó a abandonar las anclas y a dejarnos arrastrar dentro de la bahía, a merced de las olas y del viento."*

Mientras la Concepción y la San Antonio se adentraron hacia el fondo de la bahía, la Victoria y la Trinidad se quedaron ancladas a la espera. En medio de la gran borrasca, las naves exploradoras llegaron a la entrada de un canal no muy ancho que desembocaba en una segunda bahía. Al fondo de la misma se les abrió otro canal. Era claro que parecía existir un paso y regresaron para anunciarlo. Esta singladura duró dos días. durante los cuales las naves a la espera llegaron a pensar que las dos naos exploradoras habían zozobrado, pero al tercer día las vieron regresar a toda vela, disparando bombardas como señal de éxito. Pigafetta escribió:

*"Habíanse pasado dos días sin que hubiésemos visto reaparecer las dos naves enviadas a averiguar el término de la bahía, de modo que las creíamos perdidas por la tempestad que acabábamos de experimentar; y al divisar humo en tierra, conjeturamos que los que habían tenido la fortuna de salvarse habían encendido fuegos para anunciarnos que aún vivían después del naufragio....Mas, mientras nos hallábamos en esta incertidumbre acerca de su suerte, les vimos regresar hacia*

*nosotros, singlando a velas desplegadas, los pabellones al viento y cuando estuvieron más cerca, dispararon varios tiros de bombardas, lanzando gritos de alegría.”*

Las cuatro naves se adentraron entonces en el complejo paso y parece que llegaron al río y Bahía que bautizaron de las Sardinias, donde probablemente se aprovisionaron de agua y viveres, y vieron que se abrían dos posibilidades de navegación. Según Pigafetta:

*“Cuando hubimos entrado en la tercera bahía de que acabo de hablar, vimos dos desembocaduras o canales, uno al sudeste y el otro al sudoeste.”*

Magallanes decidió explorar hacia el canal mas al Este con la Trinidad y la Concepción mientras la Victoria y la San Antonio exploraban el canal sudoeste, costeano la actual Isla de Dawson, quedando citados para la espera en la bifurcación. En la rama más al sudeste, habrían llegado a la conclusión de que no había salida pero Magallanes envió una embarcación pequeña a explorar. Se cree que los tripulantes de la misma subieron un cerro de 300 m de alto desde donde habrían divisado un canal hacia el oeste, y al fondo el buscado océano. La versión de esa pequeña escalada no figura explícitamente confirmada en el documento de Pigafetta, quien escribió:

*“En ese lugar fondeamos para esperar a las otras dos naves, y estuvimos cuatro días; aunque durante este tiempo se despachó una chalupa bien equipada para ir a reconocer el término de este canal, que debía desembocar en otro mar. Los tripulantes de esta embarcación regresaron al tercer día, anunciándonos que habían visto el cabo en que concluía el Estrecho, y un gran mar, esto es, el Océano. Todos lloramos de alegría. Este cabo se llamó el Deseado, porque, en efecto, desde largo tiempo ansiábamos por verlo.”*

La Victoria volvió al lugar de cita, como se esperaba, pero la San Antonio, que se había separado y aparentemente llegado más lejos, tardando más, no habría encontrado a las otras naves, según declararon al llegar a España, cosa que muchos historiadores dudan. Lo concreto es que la tripulación se sublevó, deponiendo a Alvaro de la Mezquita y el piloto portugués Esteban Gómez que tomó el mando de la San Antonio, condujo la desertión, reduciendo así la expedición a tres naves. Pero lo más grave fue que era el barco que transportaba la mayoría de los viveres, mercadería e implementos. El barco volvió a España, donde mintieron sobre el destino de la expedición, dando por perdidos a los barcos restantes. Que dijeron haber buscado. En el viaje de regreso todo indica que descubrieron las Malvinas (ver mas adelante Figura 5) y luego, aparentemente para protegerse, rescataron a los abandonados en Puerto San Julián. Escribió Pigafetta:

*“Ese piloto era Esteban Gómez, que odiaba a Magallanes por la sola razón de que cuando vino a España a hacer al Emperador la propuesta de ir a las Molucas por el oeste, Gómez había demandado y estaba a punto de obtener algunas carabelas para una expedición cuyo mando se le había de confiar.”*



**Figura 4.** Mapa interpretativo del recorrido inicial (línea roja) de las naves de Magallanes, durante el descubrimiento del Estrecho.

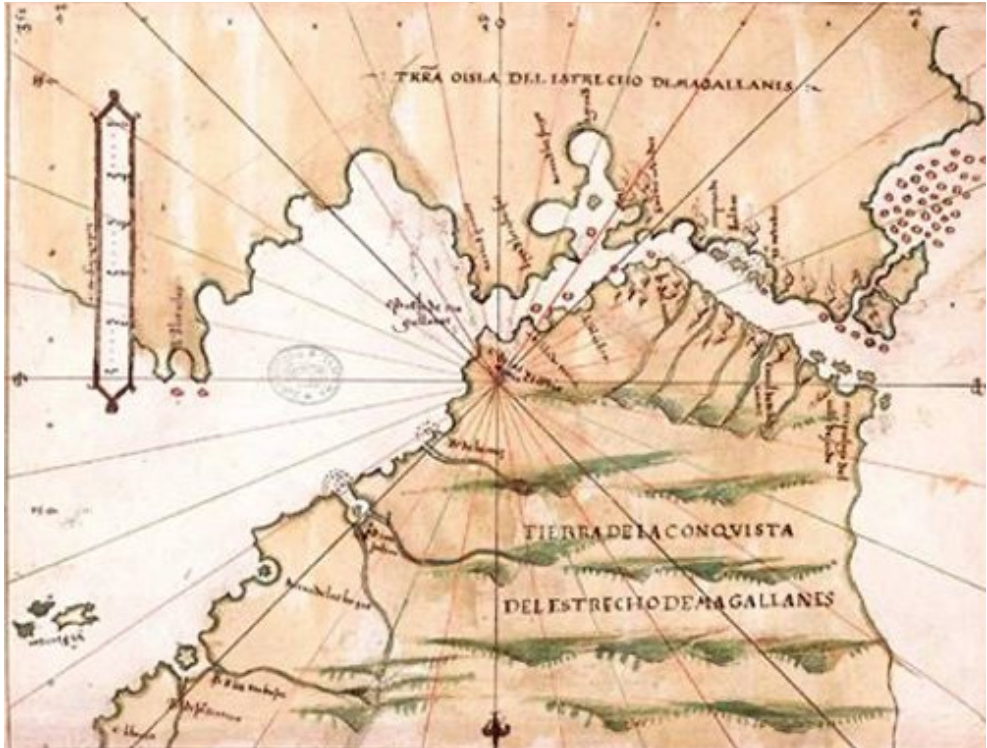
Magallanes, al confirmar la existencia del paso, consultó por primera vez con los capitanes la principal de las decisiones a tomar en ese momento, es decir explorar el paso y seguir navegando hasta el otro océano o regresar de inmediato a España a informar del descubrimiento y generar una nueva expedición más numerosa. Tomada la decisión de continuar, el viaje prosiguió recorriendo el estrecho durante lo que estimaron ser ciento diez leguas<sup>3</sup>, entre escenarios magníficos, con montañas nevadas y orillas con flora desconocida que contrastaba con lo árido de la Patagonia ya recorrida (Figura 4). Durante la exploración del estrecho, por los repetidos fuegos nocturnos que se veían hacia el Sur, encendidos por los pobladores a la noche y detectables por el humo de día, el territorio fue llamado “Tierra de humos”, “Tierra de los fuegos” y luego “Tierra del fuego”. Hubo gran prevención hacia los nativos, por lo que Magallanes no autorizó el desembarco y contacto con los mismos, aparentemente mermando las ocasiones de nuevas provisiones que no fueran pesca.

La travesía del estrecho fue muy difícil debido a las corrientes y temporales. Además, no lograban fondear debido a la profundidad, añadiéndose al problema de “bosques” de algas marrones enredándose en los timones.

En cuanto al Estrecho, escribió Pigafetta:

*“Este estrecho, como pudimos verlo en seguida, tiene de largo 440 millas o 110 leguas marítimas de cuatro millas cada una; tiene media legua de ancho, a veces más y a veces menos, y va a desembocar a otro mar que llamamos Mar Pacífico.”*  
*“E dimosle el nombre de Estrecho de los Patagones”.* Interesantemente Pigafetta dice, *“...estrecho que el había visto figurado en un mapa que el Rey de Portugal conservaba en su tesorería, construido por Martín de Bohemia, muy excelente cosmógrafo.”*

Como indicamos anteriormente, fué un caso de error cartográfico que ayudó al descubrimiento. Probablemente, la intensa difusión del viaje y las descripciones



**Figura 5.** Carta anónima de 1523, llamada “de Turín”, mostrando detalles del Estrecho de Magallanes ( Biblioteca Real de Turín). El Sur está hacia arriba, apreciándose hacia el Este (a la izquierda) las islas Malvinas.



nes de Pigafetta hicieron que inicialmente sus simples mapas (Figura 2) fueran los más conocidos. Se supone (Martinic Berós, 1977) que en la expedición otros levantaron mapas y/o esquemas, entregados a la Casa de Contratación, aportando datos para los primeros mapas secretos de esos territorios. Sin embargo en 1523, tan solo un año después del regreso del resto de la expedición, alguien anónimo elaboró, con datos fehacientes, una Carta del Estrecho, llamada “de Turín” cuando fue descubierta (Figura 5). Esta fue más tarde atribuida a Nuño García de Toreno En esa carta llama la atención la existencia de muchos más detalles que en el propio mapa dibujado por Pigafetta.

## EL REGRESO DESDE LA PATAGONIA, DANDO LA VUELTA AL MUNDO

En su extenso Libro II, Pigafetta describe la travesía del Pacífico, la muerte de Magallanes y la llegada a la isla de Zubu. Inicia esa parte del relato escribiendo:

*“Miércoles 28 de noviembre, desembocamos por el Estrecho para entrar en el gran mar, al que dimos en seguida el nombre de Pacífico, y en el cual navegamos durante el espacio de tres meses y veinte días, sin probar ni un alimento fresco.”*

Ese 28 de Noviembre la expedición abandona tierras patagónicas. Doblaron el cabo que Magallanes había nombrado Deseado, por razones obvias, y entrarían, bordeando los actuales islotes Evangelistas, al tan anhelado “Mare Pacificum”,

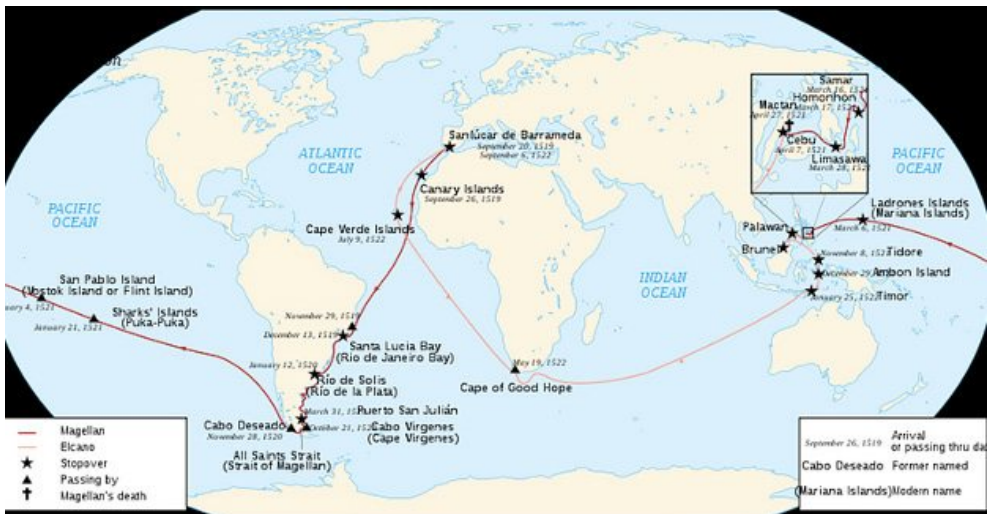
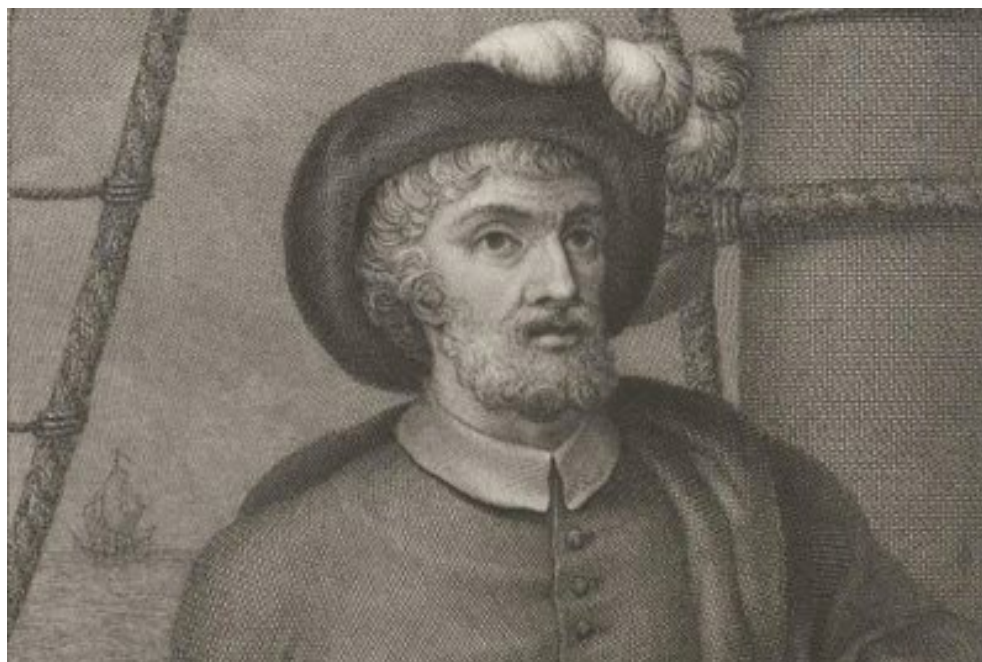


Figura 6. Mapa moderno del derrotero de la vuelta al mundo, según Uxbona, 2021.





**Figura 7.** Juan Sebastián Elcano.

según sería bautizado por Magallanes. Y comenzaría una travesía extremadamente penosa y mucho más larga de lo esperado, debido al error cartográfico de Ptolomeo. No es este el lugar para comentar el largo regreso y la llegada a Malasia. Magallanes murió en una batalla desigual, en la isla de Mactán, en Filipinas, el 27 de Abril de 1521. En la misma también fue herido Pigafetta.

En el libro III de Pigafetta, este narra desde la salida de Zebu hasta llegar a las ansiadas Molucas y en el Libro IV el retorno a San Lúcar de Barrameda, evitando ser capturados por los portugueses y completando la primer vuelta al mundo (Figura 6). La única nave que volvió, la Victoria, con Elcano (Figura 7) al mando, lo hizo con 60.000 kilos de especias pagando con grandes ganancias el total del viaje, que salió muy rentable para los inversores y la corona. Este tercer libro ha sido quizás el más criticado por la ausencia de mención a Elcano y por lo extraño de la extraña referencia a algunos hechos, supuestamente distorsionando algunos y omitiendo otros.

En sus párrafos finales escribió Pigafetta aludiendo al fin del viaje:

*“Desde que habíamos partido de la bahía de San Lúcar hasta que regresamos a ella recorrimos, según nuestra cuenta, más de catorce mil cuatrocientas sesenta leguas, y dimos la vuelta al mundo entero, yendo siempre de este a oeste.”*

Sobre el tema de la enemistad mutua entre Pigafetta y Elcano, agudizada a partir de la muerte de Magallanes, existe debate. Algunos dicen que en la primer versión (perdida) del texto de Pigafetta se mencionaba a Elcano (Santamaría 2020) y a otros españoles en varios episodios, que fueron mas tarde eliminados, sin que esté claro por quién. Como indicamos más arriba, Pigafetta nunca mencionó que quien terminó la vuelta al mundo fue Elcano, comandando la “Victoria”. A su vez, como Elcano lo odiaba y no permitió que Pigafetta lo acompañase a la audiencia de bienvenida con el Emperador. El veneciano, que obviamente tenía apoyos, consiguió directamente una audiencia con Carlos V, haciéndole entrega de dicho documento (Vallet Escobero, 2019). Sobre esos días escribió Pigafetta:

*“De Sevilla partí para Valladolid, donde presenté a la Sacra Majestad de don Carlos, no oro ni plata, sino cosas que eran a sus ojos mucho más preciosas. Entre otros objetos, le obsequié un libro escrito de mi mano, en el cual había apuntado día por día todo lo que nos había acontecido durante el viaje.”*

Ha quedado documentada por un testigo importante la existencia del documento, ya que en la audiencia estuvo presente Maximiliano de Transilvania, secretario del Emperador, quien hizo conocer el hecho al Cardenal de Salzburgo (Transilvano, 1522), Un resumen del mismo, como también era de esperar, fue entregado al Papa; según Pigafetta a solicitud de este. El resumen podría haber sido redactado por Pedro Mártir de Anglería, encargado de hacerlo llegar (Vallet Escobero, 2019). Después de una gira por cortes europeas, a su regreso a Italia, en la corte de Mantua Pigafetta fue alentado a escribir sus experiencias y ampliar el documento entregado al Papa. Así, en 1524 consiguió que el Senado de Venecia le otorgara por veinte años derechos de autor sobre su nuevo texto. Estaba claro que deseaba promocionarse en forma muy consciente ya que escribió: *“...crearme a la vez un nombre que llegase a la posteridad”*. Como era Caballero de la Orden de Rodas dedicó al Gran Maestre de la Orden, Philippe Villiers de L’Isle-Adam el escrito más conocido: *“Relazione del primo viaggio intorno al mondo”*, en Italiano. (ver detalles y comentarios en la primera parte, (Gitlin y Quesada-Allué, 2021)

Como se mencionó más arriba, Elcano, que consideraba a Pigafetta un incondicional de Magallanes aun después de su muerte, al regresar, ninguneó a su vez al veneciano, en todos los informes oficiales y aspectos protocolares. Eso nubló desde el inicio la importancia del Almirante en el diseño del proyecto, en el armado de la expedición y en la concreción del descubrimiento del paso occidental hacia Asia. Por otra parte, en contraposición a la postura asumida por Pigafetta en su relato, durante cinco siglos, por múltiples razones, principalmente geopolíticas y en algunos casos por un mal entendido patriotismo, en España e Hispanoamérica se le ha dado mucha importancia a Elcano, equiparándolo a Magallanes. Como éste era portugués y Elcano vasco ha existido mucha tendenciosidad en la evaluación de los respectivos méritos. La postura anti-Magallanes fue llevada en muchos casos al extremo. Por ejemplo, durante los largos años de la dictadura franquista se llegó a dar mayor importancia a El-

cano en algunos niveles oficiales y Académicos. El principal argumento siempre fue el de haber sido Elcano el capitán que concretó la proeza de vuelta al mundo, con mando al final de la expedición. Obviamente a su regreso de la Especiería, los sobrevivientes al mando de Elcano, además de la gloria por lo concretado, trajeron un sinnúmero de valiosas informaciones y –sobre todo- mucha riqueza, que permitió recuperar la inversión.

## Referencias y Bibliografía

Acosta, J. (1519) “Historia natural y moral de Las Indias”, Lib. I, cap. 19. Sevilla.

Anónimo (1514) “Copia der newen Zeytung aus Presillg Landt”. (dato sobre expedición secreta portuguesa) <https://archive.org/details/copiadernewen-zey00unkn/mode/2up>

Anónimo (2019). Iniciativa Ciudadana Sevilla 2019-2022; “500 años de la primera visión global de la Tierra”. <http://sevilla.2019-2022.org/hitos-de-la-primera-vueltaal-mundo-31-de-marzo-de1520-llegaron-a-san-julian-y-estallo-el-complot-s/>

Azevedo Basto, R. E. (1892). O “Esmeraldo de Situ Orbis”. Lisboa: Imprensa Nacional.

Barbón Rodríguez, J. A. (2005) «Fuentes de la «Historia Verdadera»: manuscritos, en Bernal Díaz del Castillo». “Historia verdadera de la conquista de la Nueva España: Manuscrito «Guatemala”. Universidad Nacional Autónoma de México.

Barradas de Carvalho, J. (1983) “A la recherche de la spécificité de la Renaissance portugaise”, Paris, Fond. Cal. Gulbenkian.

Barros Arana, D. (1864) “Vida i Viajes de Hernando de Magallanes”. Santiago de Chile

Base de datos Patagonia (2001) <https://patagoniadb.tripod.com/fuentes-autores/indice.html> <https://patagoniadb.tripod.com/fuentes-autores/.html>

Bataillon, M. y Saint-Lu, A.,(1985) “El padre Las Casas y la defensa de los indios”. Madrid Sarpe.

Benites, M. J. (2013). “La mucha destemplanza de la tierra: Una aproximación al relato de Maximiliano de Transilvano sobre el descubrimiento del Estrecho de Magallanes”. *Orbis Tertius*, 18(19):200-207. En Memoria Académica. [http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art\\_revistas/pr.6000/pr.6000.pdf](http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/art_revistas/pr.6000/pr.6000.pdf)

Bergreen, L. (2004) "Magallanes, hasta los confines de la tierra". Buenos Aires Planeta.

Bernal, C. (2019). «Relación de varios acaecimientos sucedidos a la armada de Magallanes cuando iba a la Especiería, y vuelta de la nao San Antónío el 8 de mayo de 1521, que surgió en el puerto de las Muelas». En "Documentos para el quinto centenario de la primera vuelta al mundo la huella archivada del viaje y sus protagonistas". Transliteración de documentos originales. Sevilla 2019-2022

Bernal Díaz del Castillo (1532) "Historia verdadera de la conquista de la nueva España" edición de Guillermo Serés. [https://www.rae.es/sites/default/files/Aparato\\_de\\_variantes\\_Historia\\_verdadera\\_de\\_la\\_conquista\\_de\\_la\\_Nueva\\_Espana.pdf](https://www.rae.es/sites/default/files/Aparato_de_variantes_Historia_verdadera_de_la_conquista_de_la_Nueva_Espana.pdf)

Boorstin, D. J. (2002) "Los caminos del mar hacia todas partes", en Los Grandes Descubrimientos, Barcelona, Ed. Planeta Deagostini

Braun Menendez, A. (1960) "Pequeña historia Patagónica". Buenos Aires. Catálogo expoMadrid (2019) [http://www.ign.es/resources/docs/IGNCnig/catalogo\\_expoMadrid2019.pdf](http://www.ign.es/resources/docs/IGNCnig/catalogo_expoMadrid2019.pdf)

Cabrero Fernandez, L. (1987) "Fernando de Magallanes", Madrid, Historia 16 Quorum

Casal, P. S. (1953) "Américo Vespuccio y las costas argentinas y uruguayas", Buenos Aires.

Casamiquela, R. (1978), "Etimología de la palabra Patagonia" Mundillo Ameghiano, N<sup>o</sup>3

Cioranescu, A. (1954) "La conquista de América y la novela de caballerías", en Estudios de literatura española y comparada. La Laguna: Universidad de La Laguna, Contente

Corominas, J. y Pascual, J. A. (1991) Diccionario crítico etimológico castellano e hispánico. Gredos Madrid

Cuitiño, E. (2018) "Misterios del mar", Ed. Fin de Siglo, Montevideo

Darwin, C. (1890) "Journal of Researches into the Natural History and Geology of the countries visited during the voyages of H.M.S."Beagle" around the world under the command of Cap. Fitz Roy". Minerva Library of Famous books. Edited by S.T.Bettany.

Davidson, G. (2018) "The Origin and the Meaning of the Name California: Calafia the Queen of the Island of California". Franklin Classics. San Francisco.

De Sahagún, B. (1999) "Historia General de las cosas de la Nueva España." Colección sepan cuantos. Editorial Porrúa. México

Denuce, J. (1923) "Pigafetta:Relation du premier voyage autour du monde par Magellan 1519-22", Recueil de voyages et de documents pour servir a l'histoire de la geographie 24 (Antwerp and Paris) pp. 29-225

Deodat, L. S. (1955) "Alrededor del topónimo Patagonia". Bol. Casa de Patagonia: 24: suplemento

Domingues, F. (2020) <https://www.britannica.com/biography/Ferdinand-Magellan/Circumnavigation-of-the-globe>

Doura, M. (2016) "Acerca del topónimo Patagonia, una nueva hipótesis de su génesis"; Nueva Revista de Filología Hispánica, 59(1):37-78, ISSN 0185-0121.

Durán, D. (2009) "Historia de las Indias de Nueva España e islas de Tierra Firme" en Cervantes Virtual, tomo I y II. Consulta: en la Biblioteca Digital Hispánica perteneciente a la Biblioteca Nacional de España el facsímil del original.

El Cano, S. (2012) [1522]. "Carta de Juan Sebastián de El Cano al Emperador, dándole breve relación de su viaje en la armada de Magallanes y de su regreso en la nao victoria, en La primera vuelta al mundo", Madrid, Miraguano- Polifemo.

Eisenberg, D. (1997): Inexactitudes y misterios bibliográficos: las primeras ediciones de "Primaleón", Scriptura (Lérida), [https://web.archive.org/web/20160304114639/http://users.ipfw.edu/jehle/deisenbe/Other\\_Hispanic\\_Topics/Inexactitudes\\_y\\_misterios\\_bibliograficos\\_-\\_las\\_primeras\\_ediciones\\_de\\_Primaleon](https://web.archive.org/web/20160304114639/http://users.ipfw.edu/jehle/deisenbe/Other_Hispanic_Topics/Inexactitudes_y_misterios_bibliograficos_-_las_primeras_ediciones_de_Primaleon)

Falkner, P. T. (1911) "Descripción de Patagonia y de las partes contiguas de la América del Sur". Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires.

Fernandez Alvarez, M. (2020) "Carlos I de España y V de Alemania". Real Academia de la Historia. <https://dbe.rah.es/biografias/10728/carlos-i-de-espana-y-v-de-alemania>

Fernandez de Enciso, M. (1519) "Suma de geographia, que trata de todas las partidas e provincias del mundo en especial de las indias e trata largamente del arte del marcar etc". Sevilla, Jacobo Cronberger 1519 [https://archive.org/details/bub\\_gb\\_qUZbAAAAAAJ](https://archive.org/details/bub_gb_qUZbAAAAAAJ)



Fernández de Navarrete, M. (1837) "Colección de los viages y descubrimientos, que hicieron por mar los españoles, desde fines del siglo xv, Expediciones al Maluco. Viage de Magallanes y de Elcano", tomo 4. Imprenta Nacional, Madrid

Fernández de Oviedo y Valdés, G. (1535) "Historia general de Las Indias islas y tierra-firme del mar océano.". Tomo I. Sevilla: Juan Cromberger. Publicación: Alicante : Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes, 2011. Publicación original: Madrid, Imprenta de la Real Academia de la Historia, 1853

Font Gavira, C. A. (2020) "El viaje de Magallanes-Elcano. Una mirada natural". <https://www.mncn.csic.es/es/Comunicaci%C3%B3n/el-viaje-demagallanes-elcano-una-mirada-natural>

Furlong, G. (1954) "Sobre Acerca de los Patagones, de Tomas Falkner" Buenos Aires

Gitlin, D. S. y Quesada-Allué, L. A. (2021) "Magallanes y la expedición que descubriría la Patagonia. Parte I: antecedentes, personajes, preparativos e iniciación del viaje", Furlong,G.(1954) "Sobre Acerca de los Patagones, de Tomas Falkner" Buenos Aires Ciencia e Investigación 71(3):43-63

Gonzalez, J. R. (2000a) "Realidad y deseo detrás de un bautismo: Magallanes y los Patagones", en Unidad y diversidad en América Latina: conflictos y coincidencias. Actas de las Terceras Jornadas de Historia Argentina y Americana, Buenos Aires, Centro de Graduados en Historia de la Universidad Católica Argentina, vol. 1

González, J. R. (2000b) "El ave profeta en el Palmerín de Olivia y Primaleón", Exemplaria. Revista de Literatura Comparada, 4, pp. 73-107.

Gonzalez, J. R. (2019) "Patagonia Historia y Ficción" <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/10072/1/nombre-patagonia-historia-ficcion.pdf>

Hennig, R. (1948), "The Representation on Maps of the Magalhães Straits before Their Discovery", Düsseldorf, Germany: Imago Mundi. Hernandez, J.A. (1770) "Diario que el capitán D... ha hecho de la expedición contra los indios Tegüelches, en el gobierno del Señor D. Juan José de Vértis, Gobernador y Capitán General de estas provincias del río de la Plata". Madrid. De Angelis

Key, M. R. (2002) "El significado de Patagonia", Estudios Filológicos, 37: 261-266

Landín Carraso, A. (1992) "Padrón de Descubridores", Madrid, Editorial Naval.

Leonardo de Argensola, B. (1706) [1609] "Histoire de la conquête des isles Moluques par les espagnols, par les portugais et par les hollandois", Jacques Desbordes, Ámsterdam.

Levillier, R. (1962) "Américo Vespuccio y el viaje de 1501-1502". Buenos Aires

Lida de Malkiel, M. R. (1952) "Para la toponimia argentina: Patagonia" *Hispanic Review* 20(4): 321- 323

Lida de Malkiel, M. R. (1976) "Para la toponimia argentina: Patagonia" Buenos Aires: Ed. Losada

Lira, E. (2020) "La primera vuelta al Mundo", [https://historia.nationalgeographic.com.es/a/primeravuelta-mundo\\_14660/3](https://historia.nationalgeographic.com.es/a/primeravuelta-mundo_14660/3)

Llarás Samitier, M. (1951) "El descubrimiento de la Patagonia. Recopilación de noticias y estudios correspondientes al descubrimiento de la Patagonia" Buenos Aires, R. Paredes.

Llarás de Samitier, M. (1984) "Patagonia, Reino de lo desconocido". Plus Ultra,-Buenos Aires

López de Gómara, F. (1553) "Primera y segunda parte de la historia general de las Indias cõ todo el descubrimiento, y cosas notables que han acaescido dende que se ganaron hasta el año de 1551". Medina del Campo : Ed.Guillermo de Millis

López de Mariscal, B. (2004). "Relatos y relaciones de viaje al Nuevo Mundo en el siglo XVI", Madrid, Polifemo

Mafra, G. (1920) "Libro que trata del descubrimiento y principio del estrecho que se llama de Magallanes". (Transcripto por Anónimo) Ed. de A. Blázquez y D. Aguilera: Madrid

Majó Framis, F. (1944) "Fernando de Magallanes," Madrid., Martínez, E.P. (2019) "Carlos I, Magallanes y Elcano, artífices de un viaje que cambió el mundo De Sevilla a la Especiería, y a la historia". <https://www.defensa.gob.es/Galerias/gabinete/red/2019/05/p-10-13-y-16-19-red-361-cronica.pdf>

Martinic Berós, M. (1977) "Historia del Estrecho de Magallanes" <http://www.memoriachilena.gob.cl/archivos2/pdfs/MC0054341.pdf>

Martinic Berós, M. (1995) "Los aónikenk. Historia y Cultura" Punta Arenas, Universidad de Magallanes.

Martínez Valverde, C. (1982) "Magallanes, Fernando de", en VV. AA., *Enciclopedia General del Mar*, Barcelona, Ediciones Garriga, págs. 646-647

Mazón Serrano, T. (2021) "La primera vuelta al Mundo". [https:// www.rutaelcano.com/la-primera-vuelta-al-mundo](https://www.rutaelcano.com/la-primera-vuelta-al-mundo)

Melón, A. (1979) "Magallanes, Fernando de", en VV. AA., Gran Enciclopedia Rialp, Madrid, Ed. Rialp.

Menéndez Pidal, R. (1940) "Idea Imperial de Carlos V", Madrid, Espasa Calpe,

Merino, A. (1917) "Estudios Histórico-Críticos sobre Magallanes". Labor geográfica de Magallanes. Madrid, Todo Avante. Historia Naval de España (Obra colectiva).(2021) [https://www.todoavante.es/index.php?title=P%C3%A1gina\\_Principal](https://www.todoavante.es/index.php?title=P%C3%A1gina_Principal)

Merino, T. (2019) "Expedición Magallanes-Elcano". <https://www.centronaval.org.ar/boletin/BCN852/852-CONFERENCIAMERINO.pdf>

Musters, G. Ch. (1911) "Vida entre los Patagones" Univ. Nac. de La Plata. Bibl. Centenaria, La Plata

Norton, F. J. (1960) "The first edition of Primaleón, Salamanca 1512", Bulletin of Hispanic Studies, XXXVII, 1: 29-31.

Ossés, H. R. (2008) "Patagonia, ficción y realidad". [http:// www.hechohistorico.com.ar/ Trabajos/Jornadas%20de%20 Bariloche%20-%202008/ Oss%C3%A9s.pdf](http://www.hechohistorico.com.ar/Trabajos/Jornadas%20de%20Bariloche%20-%202008/Oss%C3%A9s.pdf)

Pastells, Pa (1920) "El Descubrimiento del Estrecho de Magallanes" Ed. Suc. de Rivadeneyra. Madrid

Peillard,P. (1970) "Pigafetta: Relation du premier voyage autour du monde par Magellan 1519-22" (Geneva)

Pelayo, F. (1994) "Le mythe des géants américains. Un débat espagnol de paléontologie des vertébrés à l'époque coloniale». Presse Sorbonne Nouvelle, Open edition books. <https://books.openedition.org/psn/989>

Pigafetta, A. (¿1525?a), "Primo viaggio in torno al Globo Terracqueo" [http:// www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/ connect/089a0dea-4253- 4e0a-9345-bb707e0d711c / Pigafetta-Primo-Viaggio-Intorno-Globo-Terracqueo-expedicion-Magallanes- Elcano. pdf?MOD=AJPERES&CACHEID= 089a0dea-4253-4e0a-9345- bb707e0d711c](http://www.realinstitutoelcano.org/wps/wcm/connect/089a0dea-4253-4e0a-9345-bb707e0d711c/Pigafetta-Primo-Viaggio-Intorno-Globo-Terracqueo-expedicion-Magallanes-Elcano.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=089a0dea-4253-4e0a-9345-bb707e0d711c)

Pigafetta, A. (¿1525?b)=Pigaphete, Antoyne. "Navigation et decouvrement de la Inde Superieure et Isles de Malueque ou naissent les cloux de Girofle faite par Anthoine Pigaphete Vincentin Cheuallier de Rhodes Comanceant en lan Mil V et XiX." (Ejemplar único de la Universidad de Yale dedicado a Phillippe de Villiers, Gran Maestre de Rodas.215pp. con 23 ilustraciones iluminadas).

Pigafetta, A. (?1525?c) *Journal of Magellan's Voyage*. General Collection, Beinecke Rare Book and Manuscript Library, Yale University. <https://collections.library.yale.edu/catalog/2017752>

Pigafetta, A. (1800) "Primo viaggio in torno al Globo Terracqueo". Edición de Carlo Amoretti, Biblioteca Ambrosiana. Pigafetta, Antonio.(1899) "Primer viaje alrededor del mundo relato escrito por el caballero Antonio Pigafetta", ed. Manuel Walls y Merino, Madrid. Imprenta de Fortanet.

Pigafetta, A. (1922 ) "Primer viaje en torno del globo", Madrid. Ed. Federico Ruiz Morcuende. Edición Calpe,

Pigafetta, A. (1985) "Primer viaje alrededor del mundo" Madrid. Ed. Leoncio Cabrero,

Pigafetta, A. (1986) "Primer viaje alrededor del globo", ed. Virgilio Ortega. Ediciones Orbis,

Pigafetta, A. (1998) "Noticia del primer viaje en torno al mundo"; Barcelona.Ed. Ana García Herrera. Ediciones Grial, Valencia.

Pigafetta, A. (2011) "Primer viaje alrededor del globo", [https://issuu.com/jldelrioluque/docs/antonio\\_pigafetta\\_-\\_primer\\_viaje\\_alrededor\\_del\\_globo](https://issuu.com/jldelrioluque/docs/antonio_pigafetta_-_primer_viaje_alrededor_del_globo)

Pigafetta, A. (2012) "Primo viaggio in torno al Globo Terracqueo". Edición de Benito Caetano para la Fundación Civiliter. <http://civiliter.es/wp-content/uploads/Antonio-Pigafetta-Primer-viaje-alrededor-del-Globo.fCiviliter.2pdf.pdf>

Pigafetta, A. (2015) "Primer viaje alrededor del mundo". <http://redmundialmagallanica.org/wpcontent/uploads/2015/09/PIGAFETTA-Primer-viaje-alredordel-mundo.pdf>

Pigafetta, A. (2020) "Primer viaje alrededor del mundo", Madrid. Editor José Eugenio Borao Mateo. Institución Fernando el Católico

Robertson, J. A. (1906) "Magellan's Voyage around the World" v.2 (Cleveland) Uxbona, S. &. (2021). "Map of Ferdinand Magellan's Circumnavigation". World History Encyclopedia. Retrieved from <https://www.worldhistory.org/image/14247/map-of-ferdinand-magellans-circumnavigation/>

Rosati, H., Palma, D., Matte, M. y Rodriguez, A. (2020) "La Expansión Europea, Siglos XIV y XV". [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/historia/expansion/index.html](http://www7.uc.cl/sw_educ/historia/expansion/index.html)

Ruiz de Gordejuela, A. M. (1941) "Antonio Pigaffeta como el más completo narrador del primer viaje alrededor del mundo", Quaderni dell'Istituto di Cultura in Spagna, Madrid.

Ryan, C. (2004). "European Travel Writings and the Patagonian giants: How Patagonia got its name – among other things." Lawrence University Today magazine, <http://www.lawrence.edu/news/pubs/lt/fall04/giants.shtml>

Santamaría, E. (2020) "El relato perdido de Pigafetta (2/2)". Fundación Elcano. Euskadi.

Sarmiento de Gamboa, P. (1895) [1580] en "Narratives of the voyages of Pedro Sarmiento de Gamboa to the Straits of Magellan". Traducción de C.R. Markham. C.B., F.R.S.Barkluyt Society XCI, London.

Skelton, R. A. (1969) "Magellan's Voyage: A Narrative Account of the First Circumnavigation by Antonio Pigafetta" (New Haven,) v. 1: Introduction and translation of text, v. 2: facsimile, in color, of Beinecke MS 351).

Toribio Medina, J. (1920) "Descubrimiento del Océano Pacífico", Santiago de Chile, Imprenta Universitaria.

Transilvano, M. (2012) [1522]. "Carta relación escrita por Maximiliano Transilvano de cómo y por qué y en qué tiempo fueron descubiertas y halladas las islas Molucas, donde es el propio nacimiento de la especiería, las cuales caen en la conquista y marcación de la Corona Real de España, en La primera vuelta al mundo," Madrid. Miraguano-Polifemo.

Ulijaszek, S. J., Johnston, F. E., Preece, M. A. (1998) "The Cambridge Encyclopedia of Human Growth and Development". p. 380 in "Patagonian Giants: Myths and Possibilities." Cambridge University Press

Urbina, X. & Pimentel, J. (2020) "El viaje de Magallanes, 1520-2020" <http://www.magallania.cl/index.php/magallania/article/view/1249>

Vallet Escobero, C. (2019) "Antonio Pigafetta Vicentino" <https://dbe.rah.es/biografias/14159/antoniopigafetta-vicentino>

Varela, C. (2018) "Los cronistas del viaje de Magallanes y Elcano" <https://publicaciones.defensa.gob.es/media/downloadable/files/links/a/c/>

actas\_del\_congreso\_internacional\_v\_centenario\_.pdf

Vazquez, F. (1512) "Primaleón; Libro Segundo del Palmerin de Oliva". Salamanca. <http://books.google.es/books?hl=es&id=8yl0aplJEWc&q=pathagon#v=onepage&q&f=false>



Vazquez, F. (1563) "Primaleon libro del inuencible Cauallero Primaleon, hijo de Palmerin de Oliua, donde se tractan los sus altos hechos en armas, y los de Polendos su hermano, y los de don Duardos principe de Inglaterra, y de otros preciados caualleros de la corte del emperador Palmerin rdo principe de Inglaterra y de otros preciados" . Francisco del Canto, a costa de Benito Boyer; Medina del Campo. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes; Madrid: Biblioteca Nacional, 2012

Vidal de Baffini, B. (1975) "Patagonia nombre de una region argentina" Boletin de la Asociación Argentina de Letras, XL: 141-182

Zapatero, M. "Antonio Pigafetta, relaciones en torno al Primer Viaje alrededor del Globo (1519-1522)" <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/9258/1/antonio-pigafetta-primer-viaje.pdf>

Zweig, S. (1990, 2005) "Magallanes el hombre y su gesta" Ed. Juventud, Barcelona

## Notas

1. La edición de Salamanca del Primaleón es de 1512 y la de Sevilla de 1524, así que Magallanes habría leído la primera, antes o durante el viaje.
2. Sucedería lo mismo con el topónimo "California" para la tierra explorada 15 años más tarde por Hernán Cortés. Se ignora quien dio el nombre a lo que se creía era una Isla, pero en la novela de caballerías Las sergas de Esplandián, escrita por Garci Rodríguez de Montalvo y publicada en 1510, figuraba una isla mítica "de amazonas", solamente poblada por mujeres (¿?) llamada California (Davidson, 2018). A esta popular novela, continuación del Amadis de Gaula, se la menciona en El Quijote.
3. Si se trataba de leguas reales habría sido aproximadamente 460 Km y si eran leguas de cartógrafos podía ser aproximadamente 500 Km, pero realmente el estrecho mide 565 Km)



# Patagonia

## *Investigaciones y futuro*

El posible temario es tan extenso, variado y rico como lo son el terreno continental y marítimo de la región Patagónica. Por tal motivo la selección editorial resultó ser de las más difíciles. Nos guió en esta ocasión, el faro de nuestra convicción del vínculo inseparable del progreso en ciencia y tecnología con el desarrollo nacional. Cuáles son las estrategias y cuáles los métodos y técnicas para implementarlas en áreas específicas, serán motivo principal de los capítulos de este libro. Esperamos que encuentren en ellos una lectura amena y motivadora.

**Compilador: Luis A. Quesada Allué**

ISBN 978-987-48617-4-0



 **AAPC**  
ASOCIACION ARGENTINA PARA  
EL PROGRESO DE LAS CIENCIAS