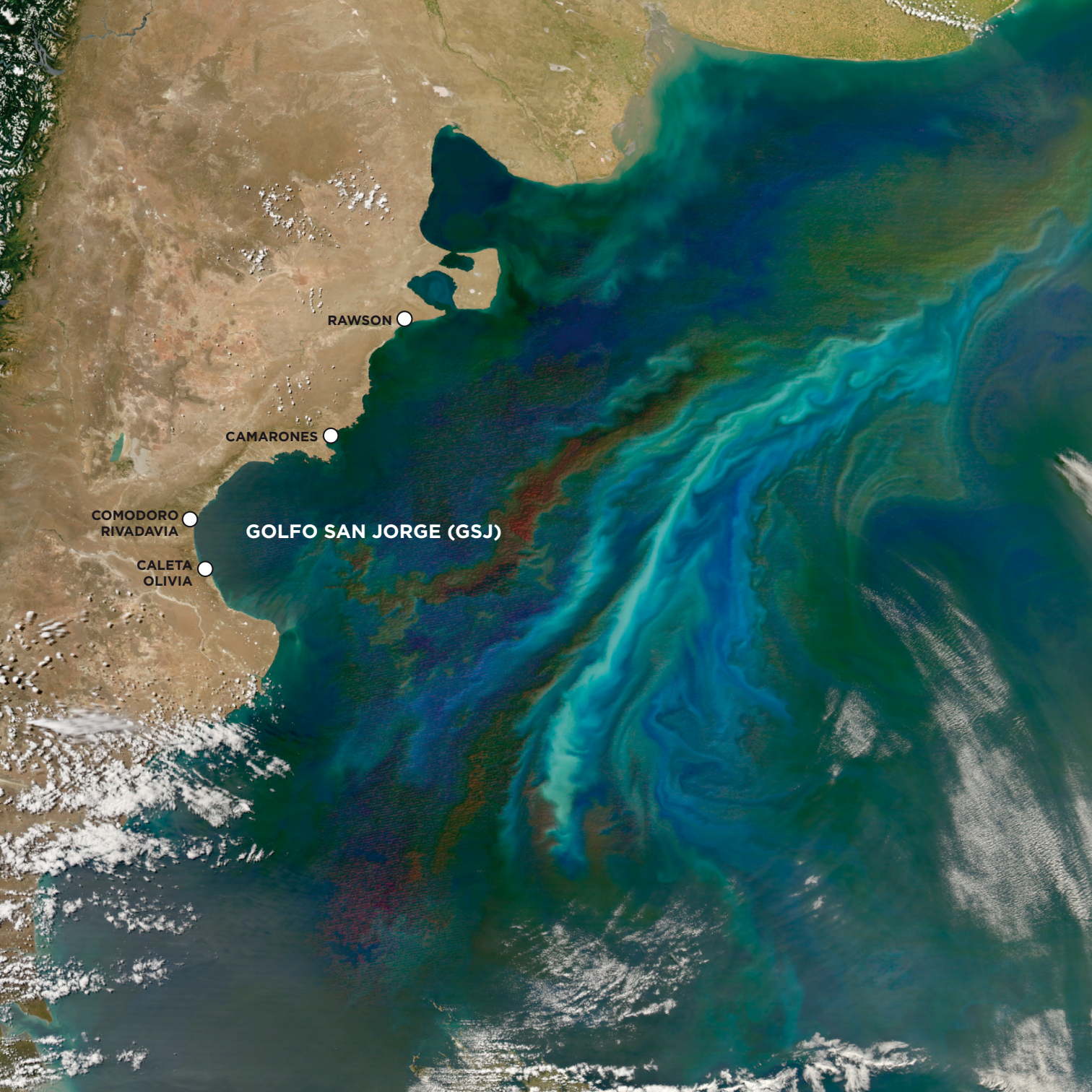


EDITORES: SILVANA DANS, ADRIÁN CEFARELLI, DAVID GALVÁN, MARÍA EVA GONGORA, PATRICIA MARTOS, MARTÍN VARISCO

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL **GOLFO SAN JORGE**



PATAGONIA, ARGENTINA



RAWSON

CAMARONES

COMODORO
RIVADAVIA

CALETA
OLIVIA

GOLFO SAN JORGE (GSJ)

EDITORES: SILVANA DANS, ADRIÁN CEFARELLI, DAVID GALVÁN, MARÍA EVA GONGORA, PATRICIA MARTOS, MARTÍN VARISCO

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL **GOLFO SAN JORGE**

UNA PUBLICACIÓN DE

 **PAMPA AZUL**

AZARA
FUNDACIÓN DE HISTORIA NATURAL

 **umai** Universidad
Maimónides

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL

GOLFO SAN JORGE

Editores: Silvana Dans, Adrián Cefarelli, David Galván, María Eva Gongora, Patricia Martos, Martín Varisco

Colaboradores en la redacción: Gustavo Alvarez Colombo, Silvia Blanc, Patricio Bos, Nelson Bovcon, Fernando Castañeda, Adrián Cefarelli, Mariano Cinquini, Luis Cortizo, Enrique Crespo, Silvana Dans, Carla Derisio, Ana Dogliotti, Manuela Funes, David Galvan, Diego Giberto, Maria Eva Góngora, Cristian Halm, Constanza Hozbor, Alejo Irigoyen, Federico Isla, Mirtha Lewis, Reinaldo Maenza, Patricia Martos, Ariadna Nocera, Flavio Paparazzo, Ana Parma, Juan Pablo Pisoni, Igor Prario, Andrés Rivas, Noela Sánchez-Carnero, Viviana Sastre, Valeria Segura, Ricardo Silva, Agustín Schiariti, Brenda Temperoni, Mariano Tonini, Analía Tolivia, Sandra Torrusio, Gaston Trobbiani, Martín Varisco, Leonardo Venerus, Maria Vernet, Lujan Villanueva Gomila, Gabriela Williams, Pablo Yorio, Marcos Zárate.

Diseño gráfico y colaboración en edición: Mariano Masariche.

Ilustraciones: Elizabeth Pepe.

Fotos de tapa y contratapa: Dario Podestá.

Este documento integra información obtenida a partir de la implementación del PIMGSJ con información ya existente, y sintetiza aportes de una gran cantidad de trabajos científicos que no son citados dado el carácter de la presente publicación.

Programa de Investigación y Monitoreo del Golfo San Jorge / Silvana Dans...
[et al.] ; editado por Silvana Dans... [et al.]. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de
Buenos Aires : Fundación de Historia Natural Félix de Azara, 2020.
Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online
ISBN 978-987-3781-57-5

1. Biodiversidad. I. Dans, Silvana, ed.
CDD 577.0982

Citar como: Dans, S.L., A.O. Cefarelli., D.E. Galván, M.E. Góngora., P. Martos y M.A. Varisco (eds.). 2020. Programa de Investigación y Monitoreo del Golfo San Jorge. Pampa Azul. Fundación de Historia Natural Félix de Azara. Buenos Aires.

Este libro se puede descargar en formar gratuita en:

www.fundacionazara.org.ar
www.pampazul.gob.ar

Grupo de trabajo GSJ: Pablo Almada, Silvia Blanc, Ana Parma (Coordinadora), Gustavo Álvarez Colombo, Adrián Cefarelli, Pedro De Carli, Marcela Charo, Carlos De Marziani, José Luis Estevez, Gustavo Ferreyra, David Galván, Antonio De Nichilo, María Eva Góngora, Federico Isla, Zulma Lizarralde, Mirtha Lewis, Gustavo Macchi, Santiago Miguelez, Flavio Paparazzo, Juan Pablo Pisoni, Andrés Rivas, Raúl Reta, Carlos Selva, Ricardo Silva, Alicia Tagliorette, Mariano Tonini, Martín Varisco, Julio Vinuesa, Pablo Yorio.

Instituciones participantes en el PIMGSJ

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)
Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero (INIDEP)
Centro de Investigación y Transferencia Golfo San Jorge (CIT-GSJ)
Universidad Nacional de La Plata (UNLP)
Universidad Nacional de Mar del Plata (UNMDP)
Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco (UNPSJB)
Universidad Nacional de la Patagonia Austral (UNPA)
Universidad de Quebec
Prefectura Naval Argentina (PNA)
Dpto. Propagación Acústica - Dirección de Investigación de la Armada y UNIDEF (CONICET/MINDEF)
CCT CONICET CENPAT
Servicio de Hidrografía Naval (SHN)
Dirección de Ciencia y Tecnología de Santa Cruz
Secretaría de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva Chubut
Secretaría de Pesca de Chubut
Subsecretaría de Pesca de Santa Cruz
Administración de Parques Nacionales (APN)
Ministerio de Turismo de la Nación (MinTur)
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable

Financiadores









ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	10
EL GOLFO SAN JORGE (GSJ) COMO ÁREA PRIORITARIA	12-13
Descripción	14
¿Por qué el GSJ?	18
 ESTADO Y AVANCES DEL CONOCIMIENTO	 24-25
El entorno físico	26
La productividad del sistema	29
Componentes de la biodiversidad	33
Bacterias	33
Fitoplancton	34
Zooplancton	37
Bentos	41
Peces	46
Aves y mamíferos marinos	51
Tramas tróficas	57
Impactos antrópicos	62
Pesca	62
Exploración, explotación y transporte de hidrocarburos	65
Efluentes cloacales y residuos sólidos urbanos	67
Cambio climático	69
 EL PROGRAMA Y SUS ASPECTOS CLAVE	 72-73
El Programa: sus objetivos	74
El programa: componentes y recursos	75
Obtención de datos	75
Gestión de datos	79
Desarrollos tecnológicos	80
 PERSPECTIVAS	 86-87
¿Qué falta saber?	88
El Entorno físico y la productividad del ecosistema	88
Componentes de la biodiversidad	89
Trama trófica	95
Impactos antrópicos	96
Cambio climático	97
Cómo seguir con el estudio y monitoreo del GSJ	98

INTRODUCCIÓN

El **Golfo San Jorge** (GSJ) fue incluido como área geográfica prioritaria en el marco de la Iniciativa Pampa Azul, ya que **es una de las regiones más productivas y con mayor diversidad del Mar Argentino.**

La iniciativa nacional Pampa Azul, impulsada desde el año 2014 por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva de la Nación se generó para: 1) profundizar el conocimiento acerca del estado y funcionamiento de los ecosistemas productivos del Mar Argentino a fin de sustentar las políticas de conservación y manejo de los recursos naturales, 2) promover innovaciones tecnológicas aplicables a la explotación sustentable de los recursos naturales y al desarrollo de las industrias vinculadas al mar, y 3) fortalecer la conciencia marítima de la sociedad argentina. Estos objetivos están plasmados en el Programa Nacional de Investigación e Innovación Productiva en Espacios Marítimos Argentinos, convertidos en política de estado a través de la Ley PROMAR N°27167.

El Golfo San Jorge (GSJ) fue incluido como área geográfica prioritaria en el marco de la Iniciativa Pampa Azul, ya que es 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, con áreas protegidas destinadas a la conservación de su biodiversidad y con un alto potencial para el desarrollo turístico.

El carácter interjurisdiccional del GSJ (es compartido por las provincias de Chubut y Santa Cruz y sus recursos más importantes se distribuyen también en aguas de jurisdicción nacional) y el gran número de instituciones involucradas en su estudio y gestión generan interesantes desafíos en materia de políticas de investigación y manejo.

En este contexto se conformó el Grupo de Trabajo Pampa Azul-GSJ GTGSJ, con especialistas de diferentes disciplinas y provenientes de diferentes instituciones nacionales dedicadas a la investigación, con la misión de elaborar y coordinar un programa de investigación y monitoreo a largo plazo. El GTGSJ elaboró el Programa de Investigación y Monitoreo Golfo San Jorge (PIMGSJ), planificó y desarrolló dos campañas oceanográficas integrales, y organizó una serie anual de seminarios, con la finalidad de comunicar los avances obtenidos y generar espacios de planificación y discusión entre investigadores de las distintas disciplinas e instituciones involucradas.

Durante los tres últimos seminarios, realizados en 2017 en la ciudad de Comodoro Rivadavia, y en 2018 y 2019, en el CCT CONICET CENPAT, en la ciudad de Puerto Madryn, se presentaron resultados generados en el marco del PIMGSJ, se promovió la discusión interdisciplinaria entre expertos de las áreas temáticas intervinientes, la integración de la información generada por otras iniciativas, la formulación y búsqueda de financiamiento de proyectos de investigación interinstitucionales, y se propició el interés de nuevos investigadores y líneas de investigación que puedan aportar al objetivo del programa.

Esta publicación surge como una necesidad de comunicar a la sociedad en general el conocimiento existente acerca del ecosistema del GSJ, y la importancia de construir, ejecutar y sostener un programa de investigación y monitoreo a largo plazo. Los mayores desafíos de este programa son la coordinación interinstitucional, el trabajo multidisciplinario requerido para avanzar en un enfoque ecosistémico y la continuidad en su financiación y gestión, tanto para la adquisición de datos como para su administración.

Esta publicación surge como una necesidad de comunicar a la sociedad en general el conocimiento existente acerca del **ecosistema del GSJ, y la importancia de construir, ejecutar y sostener un programa de investigación y monitoreo a largo plazo.**





PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL **GOLFO SAN JORGE**

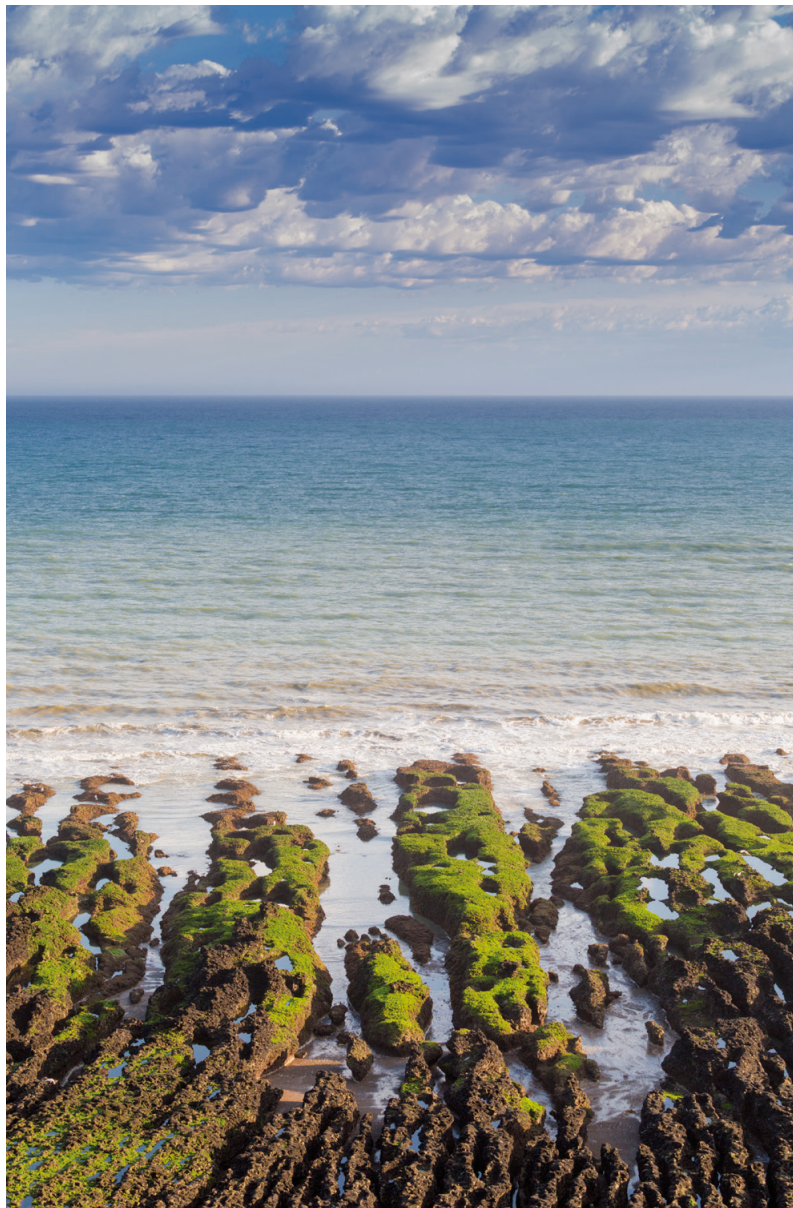
EL GOLFO SAN JORGE COMO ÁREA PRIORITARIA

DESCRIPCIÓN

El GSJ es una cuenca semi abierta, de 40.000 km² de área, y el mayor golfo del litoral marítimo argentino. Millones de años de procesos geológicos y sucesivos avances y retrocesos del mar fueron moldeando la 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

El GSJ es una cuenca semi abierta, de 40.000 km² de área, **y el mayor golfo del litoral marítimo argentino.**

FOTO: DARIO PODESTÁ

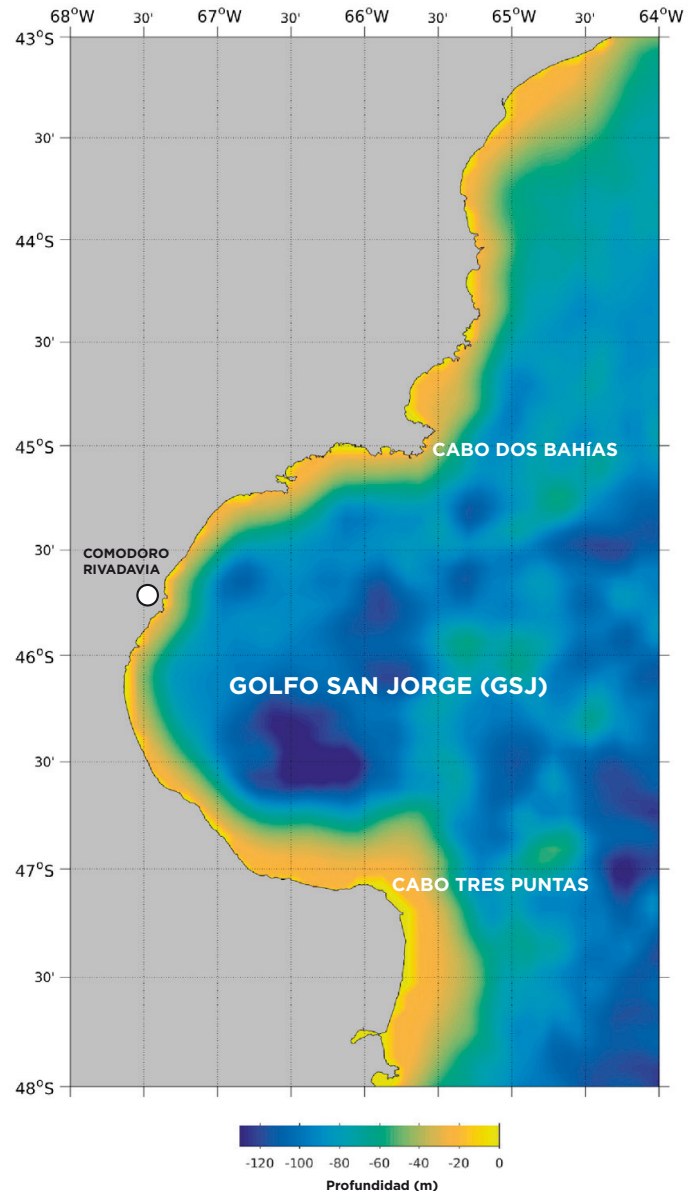


Las restingas están conformadas por arcillas consolidadas expuestas por el retroceso de las costas. ►

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). 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 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.

El GSJ se ubica entre las latitudes de 45° y 47° S y las longitudes 65° y 68° W, 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.



En esta región el **aporte de energía provista por las mareas** está entre los más altos del mundo.

A medida que la profundidad aumenta, los fondos rocosos y playas de arena y grava de la franja costera rápidamente dan lugar a fondos más finos formados por arenas finas, limos y arcillas que cubren la mayor parte del golfo. 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 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 y pleamar. En esta región el aporte de energía provista por las mareas está entre los más altos del mundo.

- ▼ Los fondos de la mayor parte del golfo están conformados por arenas finas, limos y arcillas, sobre los que se asienta una comunidad bentónica conformada por algas y gran diversidad de invertebrados.



FOTO: NICOLÁS BATTINI

El clima en la región del GSJ responde al tipo Patagónico Semiárido, con características templado-frío. El océano actúa como modulador de las condiciones meteorológicas y del clima. La temperatura media anual es de 13,1 °C, con medias de 20 °C en verano y 6 °C en invierno. Las temperaturas extremas elevadas se dan principalmente entre diciembre y febrero, y las mínimas entre los meses de mayo y septiembre. La velocidad media anual del viento es 32 km/h, la cual se intensifica a fines del otoño, se debilita al fin del invierno y se vuelve a fortalecer a fin de la primavera. Su dirección prevaleciente es del oeste. La precipitación media anual es de 250 mm/año, siendo los meses más lluviosos mayo y junio, con un valor medio de 36,6 mm y 35,9 mm, respectivamente. El período de sequía comprende los meses de verano. La humedad relativa promedio anual es de 50 %.

Las costas cercanas a los cabos están conformadas por rocas volcánicas o basaltos.



FOTO: DARIO PODESTÀ

¿POR QUÉ EL GOLFO SAN JORGE?

El GSJ es uno de los ecosistemas marinos de mayor complejidad del litoral argentino, tanto por su biodiversidad, como por los beneficios que aporta a la sociedad, siendo uno de los sectores más productivos del Mar Argentino.

El GSJ es uno de los ecosistemas marinos de mayor complejidad del litoral argentino, tanto por su biodiversidad, como por los beneficios que aporta a la sociedad, siendo uno de los sectores más productivos del Mar Argentino. Este ecosistema se encuentra sujeto a actividades extractivas en expansión centradas en los recursos pesqueros y petroleros de la región. Como en muchas actividades extractivas, existen riesgos de sobreexplotación y contaminación, requiriendo de un manejo adecuado. El GSJ, además, se halla bajo jurisdicción de las provincias de Chubut y Santa Cruz, y muchos de sus recursos vivos cumplen sus ciclos de vida en aguas de jurisdicción nacional, lo que plantea un desafío para su gestión.

El GSJ es un escenario clave en el transporte de hidrocarburos y potencial explotación petrolera offshore. La cuenca petrolera del GSJ ha sido explotada en sus flancos norte, oeste y sur. El flanco este no ha sido desarrollado, aunque existe información sísmica y perforaciones que comprobaron la misma roca-madre, roca-reservorio y sistema de fallamiento que los yacimientos en tierra.

La productividad de sus aguas, asociada a su dinámica particular, y a la gran diversidad de ambientes, hace que el GSJ sea clave en la reproducción y crianza de peces e invertebrados, varios de ellos importantes recursos para la pesca industrial, artesanal y deportiva. En el GSJ habitan por lo menos unas 120 especies de peces, entre mixines (anguilas babosas), peces cartilaginosos (tiburones, rayas y pez gallo) y peces óseos. Además, las comunidades asociadas al fondo albergan organismos de los que se alimentan otras especies que dan sustento a algunos de los principales recursos pesqueros de nuestro país, como el langostino *Pleoticus muelleri*, la merluza *Merluccius hubbsi* o la centolla *Lithodes centolla*. La diversidad de ambientes litorales, incluidas islas e

La gran diversidad de ambientes hace que el GSJ sea clave en la reproducción y crianza de peces e invertebrados, varios de ellos importantes recursos para la pesca industrial, artesanal y deportiva. *Notothenia* sp. es un pez óseo que habita los fondos rocosos. El langostino *Pleoticus muelleri* uno de los principales recursos pesqueros de nuestro país.

FOTO: ALEJO IRIGOYEN

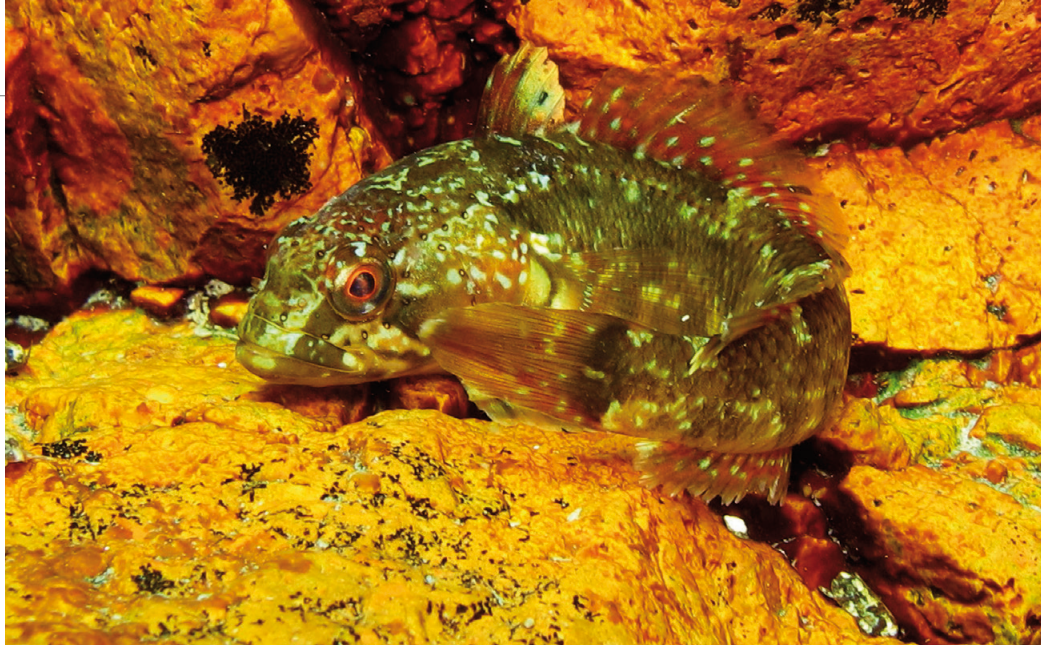


FOTO: MAURO MARCINKEVICIUS

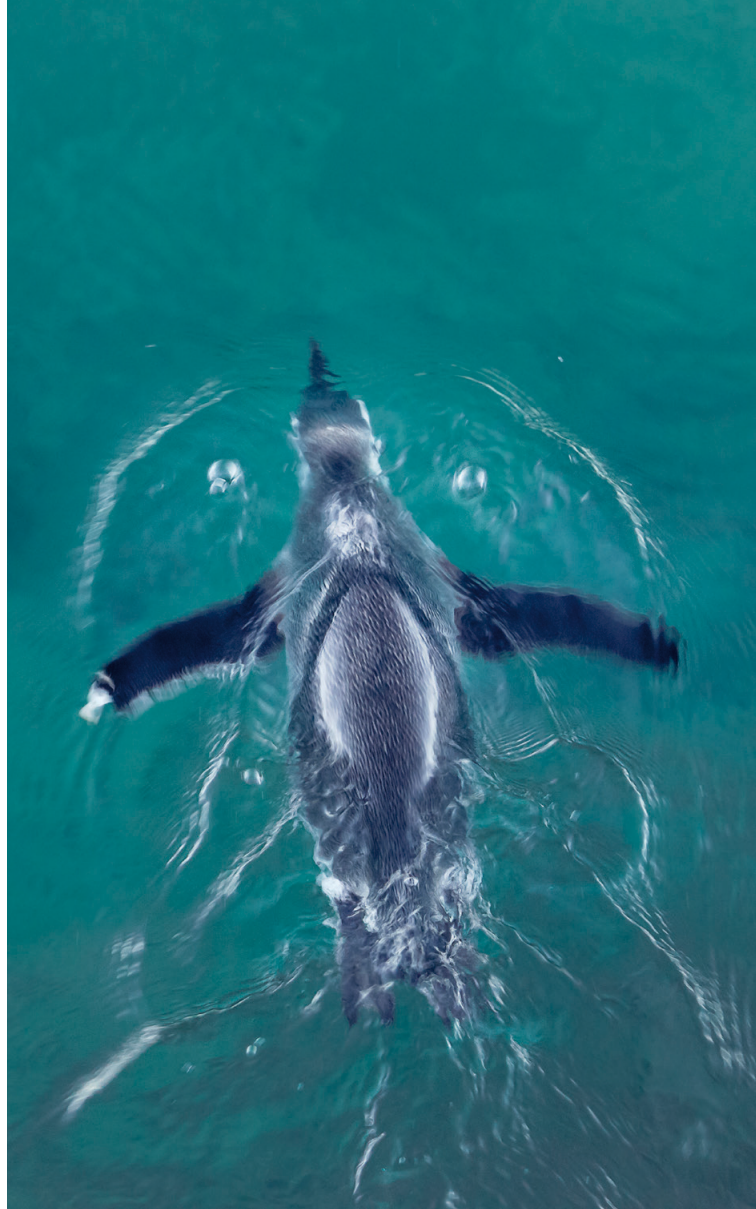
▲
Toninas overas
(*Cephalorhynchus*
commersonii).

islotes, sumado a la alta disponibilidad de alimento, brinda condiciones favorables para la reproducción de aves y mamíferos marinos, varios de ellas de relevancia para el desarrollo turístico, como pingüinos y lobos marinos. Las productivas aguas del GSJ son también utilizadas por otras especies de aves y mamíferos que migran o dispersan desde distintas regiones.

Así, el GSJ alberga un complejo y productivo ecosistema que brinda diversos servicios de alto valor para la economía regional y nacional, y que a su vez está siendo sometido a una creciente presión antrópica. Estos servicios dependen en última instancia del estado de salud del ecosistema marino. La gestión para su uso sustentable 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. Hasta el momento, los esfuerzos de investigación han respondido a intereses de sectores específicos (ej. pesca, petróleo, contaminación, conservación) sin que exista una evaluación integrada del ecosistema ni los canales y mecanismos apropiados para fomentar la interacción entre disciplinas científicas, instituciones y áreas de aplicación.

El pingüino de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*) ►
es una de las especies de aves marinas más
abundante en el GSJ, donde se reproduce y alimenta.

FOTO: DARIO PODESTÁ





El Golfo San Jorge es un complejo socioecosistema, resultado de una interacción dinámica entre la naturaleza y la sociedad.



ELISABETH STEGER



PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL **GOLFO SAN JORGE**

ESTADO Y AVANCES DEL CONOCIMIENTO

EL ENTORNO FÍSICO

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

Las características físicas del agua de mar como la temperatura, la salinidad y la circulación nos permiten conocer algunas de las condiciones ambientales que sostiene el ecosistema del GSJ. El agua posee además numerosas sales disueltas que brindan los nutrientes necesarios para los productores primarios. Conocer los procesos que actúan sobre la disponibilidad de nutrientes en el mar es de suma importancia para comprender la productividad biológica de este ecosistema. Además, la comprensión de la circulación oceánica permite evaluar el gran riesgo ambiental que representan para el GSJ los aumentos constantes de las actividades relacionadas con el petróleo y la pesca comercial.

Conocer los procesos que actúan sobre la disponibilidad de nutrientes en el mar es de suma importancia para comprender la productividad biológica de este ecosistema.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

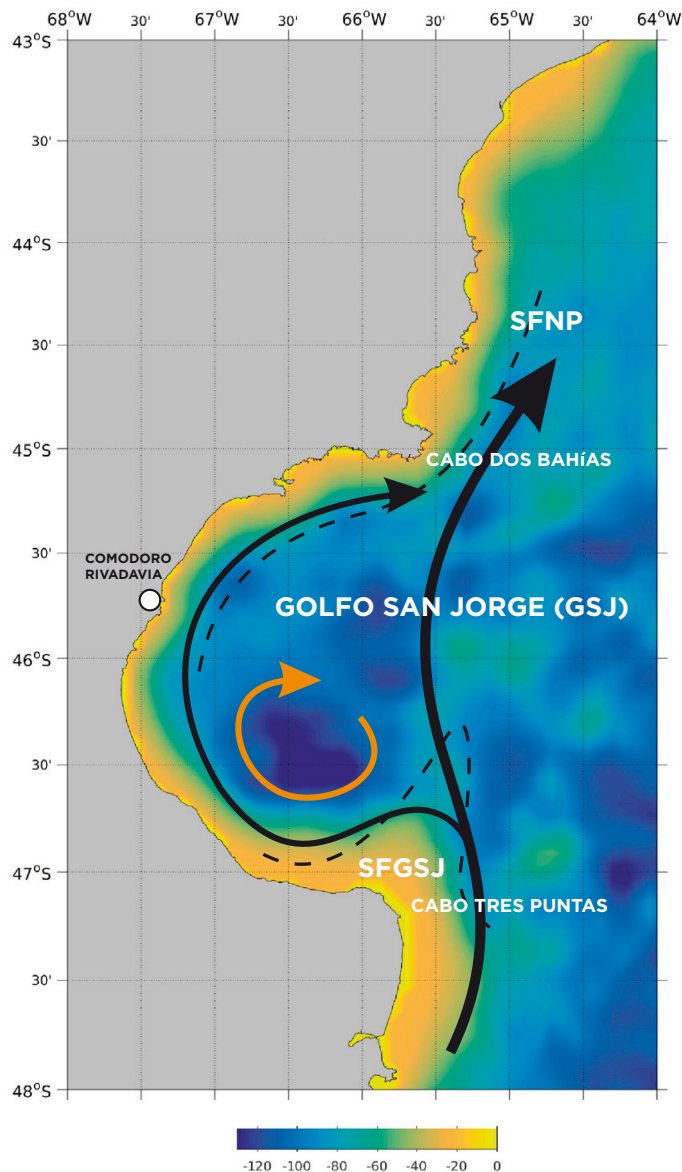
Las aguas del GSJ son influenciadas por el intercambio de calor con la atmósfera, por la presencia de aguas subantárticas de plataforma y por el ingreso de aguas frías y de baja salinidad que provienen del sur transportadas por la Corriente Patagónica. Esta corriente, de dirección NNE, se divide en dos ramas al llegar al GSJ, una ingresa por el sur del golfo y la otra continúa por la plataforma. Para el período cálido los rangos de temperatura se encuentran entre 13 y 16°C en superficie y entre 9 y 13°C en el fondo. En el período frío, los valores oscilan entre 6 y 9°C en toda su profundidad. El rango de salinidad es de 32,9 a 33,5 con pocas variaciones estacionales. La circulación 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.



FOTO: DARIO PODESTA

Durante el verano, las aguas más cálidas y livianas se encuentran en la superficie y las aguas más frías y densas se ubican cerca del fondo, separadas por una estrecha capa en la que la temperatura cambia abruptamente, denominada termoclina. En la 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 termoclina

▲ Las corrientes generadas por las grandes amplitudes de marea, interactuando con el fondo marino, favorecen la mezcla vertical en sectores someros y costeros, alcanzando a homogeneizar toda la columna de agua incluso durante el verano.



impide la mezcla y por lo tanto el aporte de nutrientes desde el fondo hacia la superficie. Los nutrientes en la superficie se van agotando, impidiendo que los productores primarios se desarrollen. En otoño-invierno cuando la radiación solar disminuye y la fuerza del viento aumenta, la columna de agua se mezcla y la termoclina desaparece permitiendo el paso de nutrientes a la superficie. Además, en sectores costeros, existen surgencias por acción del viento, capaces de fertilizar la superficie. Las corrientes generadas por las grandes amplitudes de marea, interactuando con el fondo marino, favorecen la mezcla vertical en sectores someros y costeros, alcanzando a homogeneizar toda la columna de agua incluso durante el verano.

◀ La Corriente Patagónica, de dirección NNE, 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 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. 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).

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) formándose 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) que en primavera-verano actúa como transición entre aguas mezcladas y de baja salinidad que ingresan al golfo y las aguas estratificadas dentro del golfo y en plataforma. Durante el invierno su dimensión es reducida observándose principalmente por gradientes salinos horizontales.

Por otro lado, los fuertes vientos de la región transportan grandes cantidades de polvo terrestre, conteniendo nutrientes y otros compuestos que son liberados en la superficie del mar. Este “polvo atmosférico” aporta nutrientes que favorecen el crecimiento de los organismos, pero también podría hacer las aguas más turbias o aportar contaminantes.

LA PRODUCTIVIDAD DEL SISTEMA

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

En el océano, la productividad primaria depende casi exclusivamente de la fotosíntesis que realiza el fitoplancton, pequeños organismos autótrofos que se encuentran en suspensión en una delgada y superficial capa de agua con disponibilidad de luz. No obstante, en regiones costeras las microalgas y macroalgas bentónicas efectúan también considerables



▲
La productividad del sistema depende del fitoplancton confinado en la capa superficial con disponibilidad de luz y de las micro y macroalgas bentónicas.

aportes. Utilizando la energía lumínica, estos organismos son capaces de transformar la materia inorgánica en materia orgánica.

Conocer la productividad primaria del GSJ puede indicar cuán eficiente es como sistema ecológico, y resulta de la relación existente entre la producción primaria (gramos de carbono orgánico producido por los organismos fotosintéticos, en una superficie o volumen de agua, por día o por año) y la biomasa (gramos de carbono orgánico que contienen

esos mismos organismos, en esa superficie o volumen de agua, en un momento dado).

El balance entre la producción primaria fitoplanctónica y la respiración de la comunidad planctónica total (bacterioplancton, fitoplancton, protozooplancton, zooplancton, etc.) depende de la interacción de los organismos que la componen, de su identidad taxonómica y de su rango de tamaño. Este balance juega un rol central en la regulación del flujo de carbono entre la atmósfera y el océano, así como en la exportación de carbono orgánico particulado hacia el fondo del mar. Allí, el carbono puede quedar retenido por periodos prolongados de tiempo, proceso comúnmente conocido como “bomba biológica de carbono”. En este sentido, determinadas regiones del océano se comportan como fuentes y otras como sumideros o depósitos de carbono atmosférico, siendo el Mar Argentino uno de los sumideros más importantes del planeta.



▲
Fitoplancton.
Diatomeas del
Golfo San Jorge.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

Los valores elevados de producción primaria reportados para el GSJ están asociados a la presencia de varios sistemas frontales costeros y a la gran diversidad de ambientes. Las interacciones entre física, química, geomorfología y biología son particularmente intensas, y dada la existencia de diferentes ambientes desde el punto de vista fisicoquímico, las respuestas de las comunidades biológicas resultan también diferenciales. Por un lado, se identifican áreas con alta producción primaria y biodiversidad bentónica (“hot-spots”), especialmente en los sistemas frontales, las cuales pueden ser usadas para desarrollar indicadores de estabilidad y cambios en el ecosistema. Por otro lado, la masa de agua de las zonas profundas de la región central del GSJ presenta baja concentración de oxígeno disuelto, elevada concentración

Determinadas regiones del océano se comportan como fuentes y otras como sumideros o depósitos de carbono atmosférico, siendo **el Mar Argentino uno de los sumideros más importantes del planeta.**



de materia orgánica y alto reciclaje de nutrientes, en un contexto de cierta estabilidad física que limita su renovación.

El SFGSJ ejerce una gran influencia sobre la concentración de clorofila *a* (índice de la biomasa fitoplanctónica). La mezcla vertical del sector homogéneo del frente facilita el ascenso a la superficie de aguas ricas en nutrientes que favorecen el desarrollo del fitoplancton.

◀ La productividad del GSJ sostiene algunas importantes pesquerías, como la de centolla (*Lithodes santolla*).

COMPONENTES DE LA BIODIVERSIDAD

Bacterias

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

El carbono orgánico disuelto en el océano constituye una de las mayores reservas de carbono orgánico del planeta. Un porcentaje del carbono que fija el fitoplancton a través de la fotosíntesis es excretado por las células y permanece disuelto en la columna de agua. Pequeños microorganismos, principalmente bacterias planctónicas heterótrofas (bacterioplancton), además de descomponer las partículas orgánicas muertas, consumen directamente ese carbono disuelto. 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. En resumen, una fracción del carbono disuelto que “escapa” de los organismos del plancton pasa a formar parte de la biomasa bacteriana; a su vez, las bacterias son consumidas por diferentes y pequeños 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 oceánicos, completando el proceso conocido como “bomba biológica”. No obstante, esta materia orgánica sufre transformaciones, en estructura y composición, durante su desplazamiento a través de la columna de agua y durante su

El carbono orgánico disuelto en el océano constituye **una de las mayores reservas de carbono orgánico del planeta.**

permanencia en el fondo marino; transformaciones que dependen de procesos físico-químicos y biológicos, entre ellos la descomposición bacteriana. Así, las bacterias forman parte de un proceso opuesto a la fotosíntesis, devolviendo dióxido de carbono y nutrientes al medio.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

En el GSJ se conoce muy poco acerca de los flujos de carbono orgánico, la ecología microbiana y la influencia que los procesos físico-químicos ejercen sobre ellos. En la zona central del GSJ se confirmó durante el verano que la materia orgánica particulada que sedimenta hacia el fondo, recogida en trampas de sedimento, 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.

Fitoplancton

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

El fitoplancton desempeña un rol preponderante en la trama trófica del mar, introduciendo carbono orgánico al medio a través de la fotosíntesis. Una parte de este carbono es reutilizado o devuelto a la atmósfera a través de los procesos respiratorios, mientras que otra fracción es retenida en zonas profundas de la columna de agua y en los sedimentos oceánicos (bomba biológica).

El fitoplancton está conformado por microorganismos fotosintéticos cuyas fracciones de tamaño contribuyen diferencialmente a la biomasa

Conocer los procesos que actúan sobre la disponibilidad de nutrientes en el mar es de suma importancia para comprender la productividad biológica de este ecosistema.

total y productividad del sistema. Por lo tanto es de interés conocer los factores que favorecen o limitan el desarrollo de cada una de estas fracciones. Otro importante aspecto de interés del fitoplancton marino son las floraciones algales nocivas (FANs), ya que impactan en la salud pública, en la explotación de los recursos pesqueros y marisqueros, y en el funcionamiento de los ecosistemas marinos.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

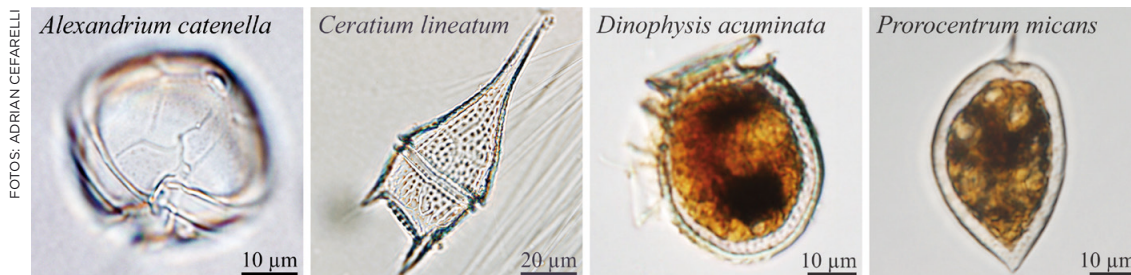
El picofitoplancton (inferior a 2 μm (0,002 mm)) está integrado básicamente por cianobacterias (organismos procariotas cuyas células carecen de núcleo y cloroplastos), y constituyen el grupo numéricamente más abundante del fitoplancton. Dados el tamaño reducido y la elevada relación superficie/volumen, estos organismos presentan una alta eficiencia en la captación de la luz y en la incorporación de nutrientes a bajas concentraciones, además de una baja tasa de hundimiento. Los estudios realizados en el GSJ y áreas adyacentes, permitieron reconocer a *Synechococcus* como destacado representante de la comunidad fitoplanctónica durante el verano.

El nanofitoplancton (entre 2 y 20 μm) en el GSJ, está compuesto por pequeñas diatomeas, pequeños dinoflagelados, criptofíceas (flagelados criptomonadales), prasinofíceas del género *Pyramimonas* y primnesiofíceas de los géneros *Chrysochromulina*, *Phaeocystis* y el cocolitofórido *Emiliania huxleyi*, todos ellos unicelulares eucariotas (células con núcleo y cloroplastos). Particularmente durante la primavera, se registró una elevada biomasa de *Chrysochromulina* spp. al noreste del GSJ, en una estación de muestreo externa a la boca del golfo.

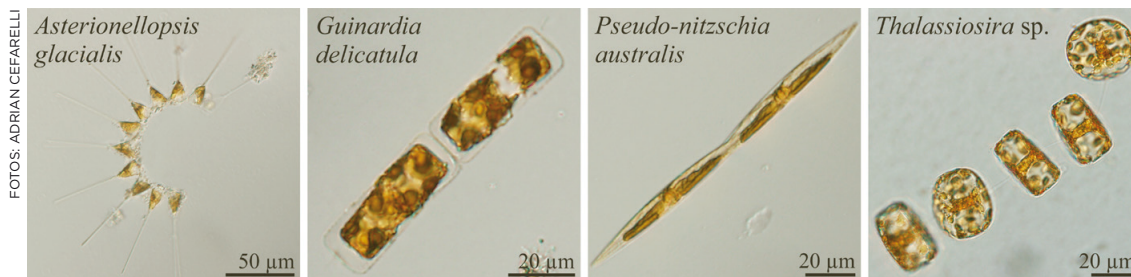
El microfitoplancton (20 - 200 μm) está compuesto principalmente por

El fitoplancton está formado por microorganismos fotosintéticos cuyas fracciones de tamaño contribuyen diferencialmente a la biomasa total y productividad del sistema.

diatomeas y dinoflagelados. Estos dos grupos de organismos constituyen la mayor fuente de producción primaria eucariota en aguas costeras. Las diatomeas son responsables de la mayor abundancia fitoplanctónica durante otoño e invierno, y específicamente en primavera dominan en la columna de agua homogénea del SFGSJ. La zona de aguas estratificadas de esa misma región está dominada por dinoflagelados. Estudios



- ▲ **Dinoflagelados del GSJ.** Los dinoflagelados se caracterizan por tener una cubierta celular compuesta por vesículas que contienen celulosa en distinto grado, resultando en organismos acorazados o desnudos. Poseen además dos flagelos que les proporcionan movimientos rotatorios característicos del grupo. Se destacan los taxa *Alexandrium ostenfeldii*, *A. catenella*, *Ceratium lineatum*, *Dinophysis acuminata*, *Gonyaulax complejo spinifera*, *Gymnodinium* spp., *Prorocentrum balticum*, *P. micans* y *Scrippsiella* spp.



- ▲ **Diatomeas del GSJ.** Las diatomeas poseen una pared celular silícea muy ornamentada denominada frústulo y no tienen capacidad de movimiento (carecen de flagelos o apéndices móviles). Pueden ocurrir como células solitarias o células unidas entre sí formando largas cadenas. Los taxa *Asterionellopsis glacialis*, *Chaetoceros* spp., *Dactyliosolen fragilissimus*, *Guinardia delicatula*, *Leptocylindrus* sp., *Minidiscus* spp., *Pseudo-nitzschia* spp., *Skeletonema costatum* y *Thalassiosira* spp., entre los más conspicuos.

recientes advirtieron también la preponderancia de diatomeas en otros sectores del GSJ aún en primavera, con sus mayores densidades sobre el margen costero, mientras que los dinoflagelados predominaron al norte y noreste del GSJ.

Entre los dinoflagelados tóxicos encontrados en el GSJ se destaca *Alexandrium catenella*, productora de toxinas paralizantes de moluscos, existiendo casos de intoxicación en humanos, algunos fatales, debido al consumo de mariscos filtradores. Este dinoflagelado predominó al sur y sureste del GSJ, y fue asociado con altas concentraciones de nutrientes, baja temperatura y baja salinidad. Por otra parte, *Dinophysis acuminata*, especie productora de toxinas diarreicas de moluscos que provocan severas gastroenteritis, fue relacionada con condiciones más cálidas del sector norte. Algunas diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* son productoras de la toxina amnésica de moluscos o ácido domoico, que puede provocar intoxicación en humanos y mortandades masivas de aves y mamíferos marinos. Actualmente, en el GSJ se siguen encontrando especies señaladas como nocivas en otras partes del mundo.

Zooplankton

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

El zooplankton está constituido por una gran variedad de protozoos y especies animales que pasan una parte o toda su vida suspendidos en la columna de agua. Dada su débil capacidad natatoria, su distribución se encuentra fuertemente condicionada por las corrientes marinas. En el GSJ, el zooplankton cumple un rol fundamental vinculando los productores primarios (fitoplancton) con los niveles tróficos superiores, los cuales incluyen especies de gran interés comercial como la merluza, los langostinos y la anchoíta.

En el GSJ, el zooplankton cumple un rol fundamental vinculando los productores primarios (fitoplancton) con los niveles tróficos superiores, los cuales incluyen especies de gran interés comercial como la merluza, el langostino y la anchoíta.



FOTO: CECILIA RAVALLI (GABINETE DE FOTOGRAFÍA, INIDEP)

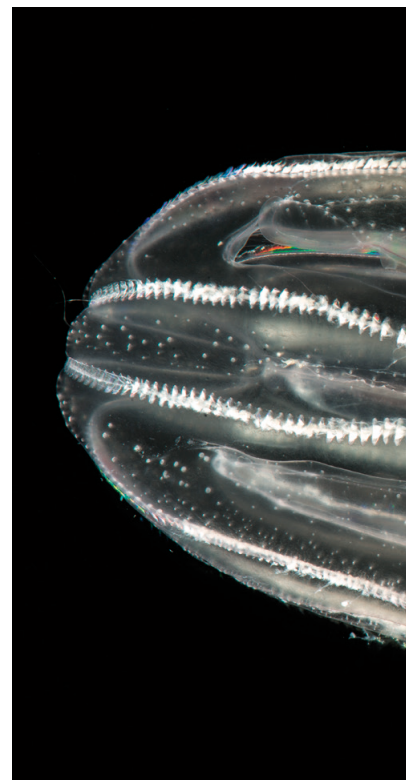
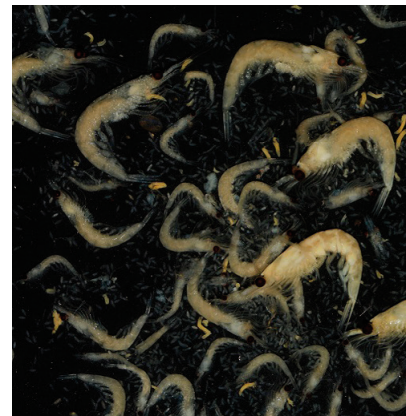




FOTO: CECILIA RAVALLI (GABINETE DE FOTOGRAFÍA, INIDEP)



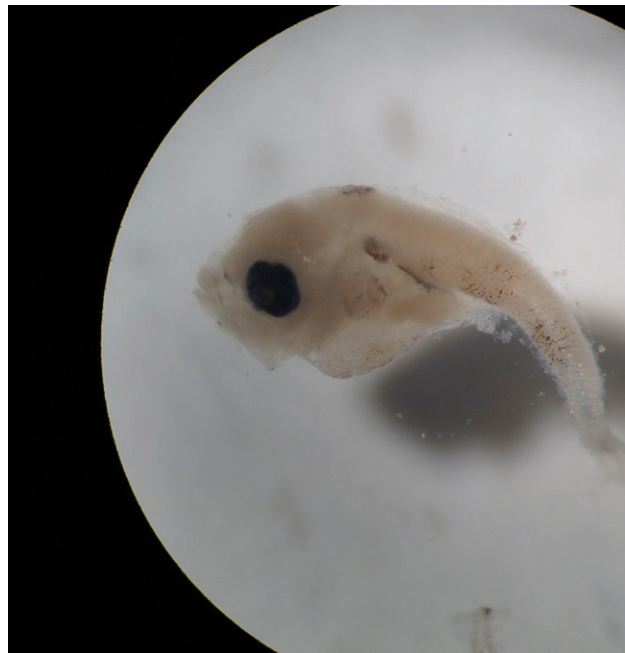
FOTO: CECILIA RAVALLI (GABINETE DE FOTOGRAFÍA, INIDEP)



FOTO: ALVARO MIGOTTO (CEBIMAR, USP, BRASIL)

el langostino y la anchoíta *Engraulis anchoita*. Estas especies dependen del zooplancton como alimento, durante sus etapas tempranas de vida e incluso en la adultez, para la supervivencia y por lo tanto para el reclutamiento a las pesquerías. Al mismo tiempo, algunas especies zooplanctónicas pueden alimentarse de los huevos y larvas de las especies de niveles tróficos superiores. La aparición de estos huevos y larvas en el plancton, además, puede brindar información acerca de

◀ Algunas especies que conforman el zooplancton son larvas y juveniles de langostilla *Munida gregaria* (página 38), juveniles y adultos de eufáusidos *Euphausia* sp., copépodos (superior), y ctenóforos *Mnemiopsis leidyi* (inferior).



La comunidad zooplanctónica del GSJ es altamente diversa e incluye numerosas especies de crustáceos, organismos gelatinosos, huevos y larvas de peces, entre otros grupos.

dónde y cuándo se reproducen los adultos. De esta manera, resulta clave conocer quiénes componen la comunidad zooplanctónica, dónde están, cuán abundantes son, y cómo fluctúan en el espacio y en el tiempo.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

La comunidad zooplanctónica del GSJ es altamente diversa e incluye numerosas especies de crustáceos, organismos gelatinosos, huevos y larvas de peces, entre otros grupos. Los organismos 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



FOTOS: LUJÁN VILLANUEVA GOMILA (CESIMAR, CENPAT)

- ◀ Larvas de tres especies de peces (de izquierda a derecha): esgrófalo (*Sebastes oculatus*), merluza común (*Merluccius hubbsi*) y anchoíta (*Engraulis anchoíta*).

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.

Bentos

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

El bentos incluye a aquellos organismos que viven en el fondo marino o en íntima relación con él. La comunidad bentónica del GSJ incluye o sustenta a algunos de los principales recursos pesqueros de nuestro país



Langostino juvenil



Langostino adulto

FOTOS: INIDEP

como el langostino, la merluza o la centolla. El ambiente bentónico en el golfo no es homogéneo, y es posible hallar áreas con diferentes características ambientales a las que se asocian agrupaciones de organismos con características particulares. Los disturbios producidos durante el arrastre pesquero (aumento de la mortalidad de los invertebrados, degradación de los fondos e incremento de materia orgánica producto del descarte) alteran la estructura y distribución de estas comunidades.

- ◀ El crustáceo de mayor importancia comercial de Argentina es el langostino (*Pleoticus muelleri*). Una gran parte de la dinámica poblacional y pesquera de esta especie se lleva a cabo dentro del GSJ y en el área patagónica del Mar Argentino. Superior: juvenil, inferior: adulto.

Por ello es importante identificar las variables ambientales que regulan la distribución de la fauna bentónica e identificar los efectos de la pesca sobre la composición de las comunidades, los flujos de energía y la salud del ecosistema.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

En el ambiente bentónico del GSJ se distinguen dos áreas con características contrastantes: una zona central caracterizada por la presencia de sedimentos finos como limos y arcillas, con alto contenido de materia orgánica, y las zonas próximas a los cabos donde predominan sedimentos gruesos como arenas gruesas y grava con bajo contenido de materia orgánica. Además, diferentes combinaciones de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila en el agua de fondo, sumado a las características del sedimento y la profundidad, definen ambientes con características singulares en áreas como la boca o la costa sur del GSJ.

El tipo de sedimento, su contenido de materia orgánica y la concentración de oxígeno en el agua de fondo han sido identificados como las variables más importantes para explicar la distribución de la macrofauna epibentónica, es decir aquellos animales que viven sobre el fondo. Una gran parte de los fondos del golfo están dominados por comunidades de macrofauna con una alta dependencia del reciclaje de materia orgánica. En estas comunidades se destacan la langostilla *Munida gregaria*, 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.

Es importante identificar las variables ambientales que regulan la distribución de la fauna bentónica y los efectos de la pesca sobre la salud del ecosistema.



FOTO: MAURO MARCINKEVICIUS

El estudio de la fauna de menor tamaño y que vive enterrada en el sedimento, el bentos infaunal, es más reciente. Estos invertebrados habitualmente 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.

La información disponible para las áreas costeras del GSJ, se refiere principalmente a los ambientes intermareales y ambientes someros rocosos. Estos ambientes costeros son áreas de cría para especies como la centolla y varios crustáceos que en su etapa adulta ocupan ambientes más profundos. En los ambientes rocosos se destacan los bosques formados por macroalgas como el cachiyuyo *Macrocystis pirifera*, los cuales brindan refugio y alimento a una gran diversidad de especies. Por otra parte, las

▲ Bosque de cachiyuyo *Macrocystis pirifera*.



FOTO: INIDEP

- ▲ La centolla (*Lithodes santolla*) es un crustáceo bentónico de alto valor comercial que se explota principalmente en el GSJ. Esta pesca se realiza con trampas y solo está permitido procesar machos adultos, ya que las hembras portan huevos en su abdomen por aproximadamente 9 meses.

comunidades de fondos blandos se hallan pobremente caracterizadas. En el norte del GSJ es posible hallar praderas del alga roja *Gracilaria gracilis* o marismas en el ambiente intermareal de áreas protegidas como bahías y caletas.

Peces

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

Los peces son un recurso que brinda alimento, trabajo y oportunidades de recreación (pesca deportiva). El GSJ es una zona importante para la alimentación, desove y cría de varias especies de peces debido a sus características oceanográficas. En él habitan por lo menos unas 120 especies entre mixines (anguilas babosas), peces cartilaginosos

▼ **Pez gallo**
(*Callorhinchus*
callorynchus)



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

(tiburones, rayas y pez gallo) y peces óseos (merluza, anchoita, entre otros). Esta diversidad de especies se refleja en que los peces ocupan muy diversos roles ecológicos y habitan todos los ambientes del golfo.

▼ Cardumen de pejerreyes
(*Odontesthes smitti*)



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

Para la **merluza**, que es dentro del grupo de los peces el principal recurso pesquero de Argentina, **el GSJ constituye la principal zona de cría para los juveniles menores de un año de edad.**

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

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 chilensis* y *Psammobatis normani*). En zonas rocosas encuentran refugio especies como el salmón de mar (*Pseudopercis semifasciata*), el escrófalo (*Sebastes oculatus*), el mero (*Acanthistius patachonicus*) y el abadejo (*Genypterus blacodes*) que sustentan pesquerías tanto deportivas como comerciales. También en sitios rocosos costeros y bosques de cachiyuyo se refugian el sapo (*Notothenia angustata*), pez trofeo de los pescadores submarinos, y una gran variedad de especies de pequeño tamaño que viven ocultas en sus refugios. Sobre la costa, pescadores deportivos encuentran róbalos (*Eleginops maclovinus*), peces gallo (*Callorhinchus callorhynchus*) y pejerreyes (*Odontesthes smitti*). En aguas abiertas se encuentran cardúmenes de anchoíta, especie clave por su importancia en la trama trófica del golfo, y pampanito (*Stromateus brasiliensis*) especie que se alimenta de medusas y ctenóforos. Entre los tiburones, más difíciles de asociar a un ambiente determinado por su gran movilidad, se encuentran predadores tope como el gatopardo (*Notorynchus cepedianus*), un cazador de otros tiburones y mamíferos marinos, el cazón (*Galeorhinus galeus*), especie que migra desde aguas brasileras, y el tiburón azul (*Prionace glauca*), nadador incansable del ambiente pelágico. 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, que es dentro del grupo de los peces el principal recurso pesquero 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



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

▲ Gatopardo (*Notorynchus cepedianus*).



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

▲ Acorazadito (*Agonopsis chiloensis*).

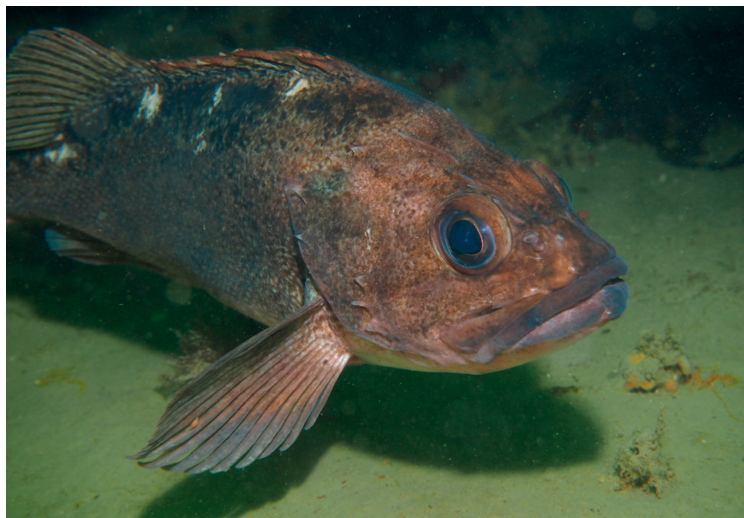


FOTO: MAURO MARCINKEVICIUS

▲ Esgrófalo (*Sebastes oculatus*).

adyacentes al norte, y luego los prerreclutas ingresan al GSJ, donde aprovechan las condiciones favorables que presenta esta región para la alimentación durante la fase juvenil.

La flota comercial captura, junto a las especies con valor comercial, **otras 100 especies de peces en forma incidental.**

El GSJ es un sitio de aguas templado-frías donde encuentran su límite más austral especies de aguas cálido-templadas que ocurren en provincia de Buenos Aires o el sur de Brasil. Recientemente se han identificado unas 20 especies de peces que no estaban citadas para este golfo, todas ellas típicas de aguas cálido-templadas, como la pescadilla (*Cynoscion guatucupa*) y el besugo (*Pagrus pagrus*). Estos registros llaman la atención sobre un posible proceso ligado a aumentos en la temperatura del agua del golfo.

La pesca industrial de arrastre es la actividad que mayor presión ejerce sobre este grupo. La flota comercial captura, junto a las especies con valor comercial, otras 100 especies de peces en forma incidental.

▼ Signátido o pez aguja.



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

Aves y mamíferos marinos

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

Las aves y mamíferos marinos son considerados predadores tope o de nivel trófico superior, es decir, se encuentran al final de las cadenas alimentarias. La importancia de estudiarlos en el GSJ radica en que pueden a) tener un rol regulador de la trama trófica y de los flujos de materia y energía, lo que va a depender de cómo se alimentan, b) presentar interacciones importantes con actividades humanas, como la competencia por recursos y mortalidad incidental en actividades pesqueras y ser valiosos recursos para el ecoturismo, y c) reflejar cambios en otros niveles de la trama trófica, por lo que pueden ser usados como indicadores de cambios en el ecosistema. Varias especies de aves y lobos marinos forman

FOTO: MAURO MARCINKEVICIUS



▲ Lobo marino de un pelo juvenil (*Otaria flavescens*).



colonias en tierra para reproducirse, por lo que sus abundancias y parámetros reproductivos son relativamente fáciles de medir y pueden ser usados como indicadores de la productividad o cambios ambientales.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

En las costas del GSJ anidan 13 especies de aves marinas, en más de 55 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 se alimentan de una gran variedad de peces e invertebrados marinos, siendo la anchoíta una de las especies clave para varias especies que crían en las costas del golfo.

◀ Pingüinos de Magallanes (*Spheniscus magellanicus*), petreles gigantes (*Macronectes giganteus*) y Cormoranes de cuello negro (*Phalacrocorax magellanicus*).

FOTO: DARIO PODESTÁ



▲ Gaviotas cocinera (*Larus dominicanus*).



▲ Gaviotín sudamericano (*Sterna hirundinacea*) lobo marino de un pelo (*Otaria flavescens*) y delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*).

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 3 apostaderos, todos compartidos con los lobos de un pelo. Ambas especies constituyen una única población en el Atlántico Sudoccidental, aunque existen desplazamientos entre el GSJ y Brasil (lobo de un pelo) e Islas Malvinas (lobo de dos pelos). Sus poblaciones crecen a un 3,5 y 8% de tasa anual para los lobos de uno y dos pelos respectivamente.



FOTO: DARIO PODESTA

◀ Lobos marinos de un pelo hembra y macho (*Otaria flavescens*).

▲ Apostadero de lobos marinos de un pelo.



FOTO: LAMAMA CESMAR CENPAT

▲ Delfín oscuro (*Lagenorhynchus obscurus*) y gaviotas cocineras (*Larus dominicanus*) alimentándose de anchoítas (*Engraulis anchoita*).

Los delfines oscuros (*Lagenorhynchus obscurus*), se concentran en la zona norte del golfo, en distancias a la costa entre 30 y 60 km. 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 las ballenas francas y rorcuales.

Tanto lobos marinos como delfines se alimentan de las presas más abundantes como la merluza, la anchoíta y 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 (al menos los machos).

Las interacciones con la actividad pesquera incluyen probabilidad de 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 a consecuencia de cambios en las artes de pesca. Ambas especies de lobos marinos han sufrido reducciones importantes por explotación, los lobos de dos pelos en los siglos XVIII y XIX, los lobos de un pelo en la primera mitad del siglo XX.

TRAMAS TRÓFICAS

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

Las tramas tróficas son diagramas que describen los flujos de materia y energía entre las especies o compartimentos de un socio-ecosistema. Estas representaciones, aunque caricaturas simplificadas de la realidad, ayudan a entender la estructura y dinámica de los sistemas. Lograr esta representación para el GSJ implica saber qué especies están presentes, cuán abundantes son, quien se alimenta de quién y la dirección e importancia de los flujos de materia y energía dentro del golfo y con los ambientes limítrofes. Este conocimiento permite además de reconstruir la red de relaciones alimentarias, o trama trófica, analizar la complejidad del ecosistema y de algunos de los

Las **tramas tróficas** son diagramas que describen los flujos de materia y energía entre las especies o compartimentos de un socio-ecosistema.



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

▲ Merluza (*Merluccius hubbsti*).



FOTO: ALEJO IRIGOYEN

▲ Anchoita (*Engraulis anchoita*).

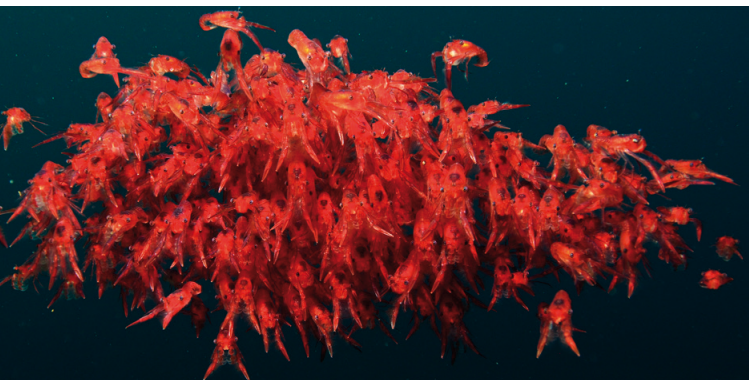


FOTO: ALEJO IRIGOYEN

procesos que determinan y gobiernan su productividad. El estudio de la trama trófica es importante ya que aporta desde la ecología herramientas para avanzar en el uso de los servicios que brinda el golfo en forma sustentable, simultánea y con un manejo con enfoque ecosistémico.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

Para el GSJ existen inventarios de especies presentes, pero se desconoce la estructura poblacional y la variabilidad en abundancia y distribución de la mayoría de los organismos, incluso de especies con importancia económica. Respecto de la trama trófica del GSJ, se han descrito hasta 5 niveles tróficos, lo cual es alto en términos comparativos frente a otros sistemas. La orca (*Orcinus orca*) es el predador tope de máximo nivel trófico, seguida por el tiburón gatopardo y los lobos marinos. La anchoíta y la langostilla son especies claves por ser principal alimento de muchos peces,

◀ Langostillas (*Munida gregaria*).

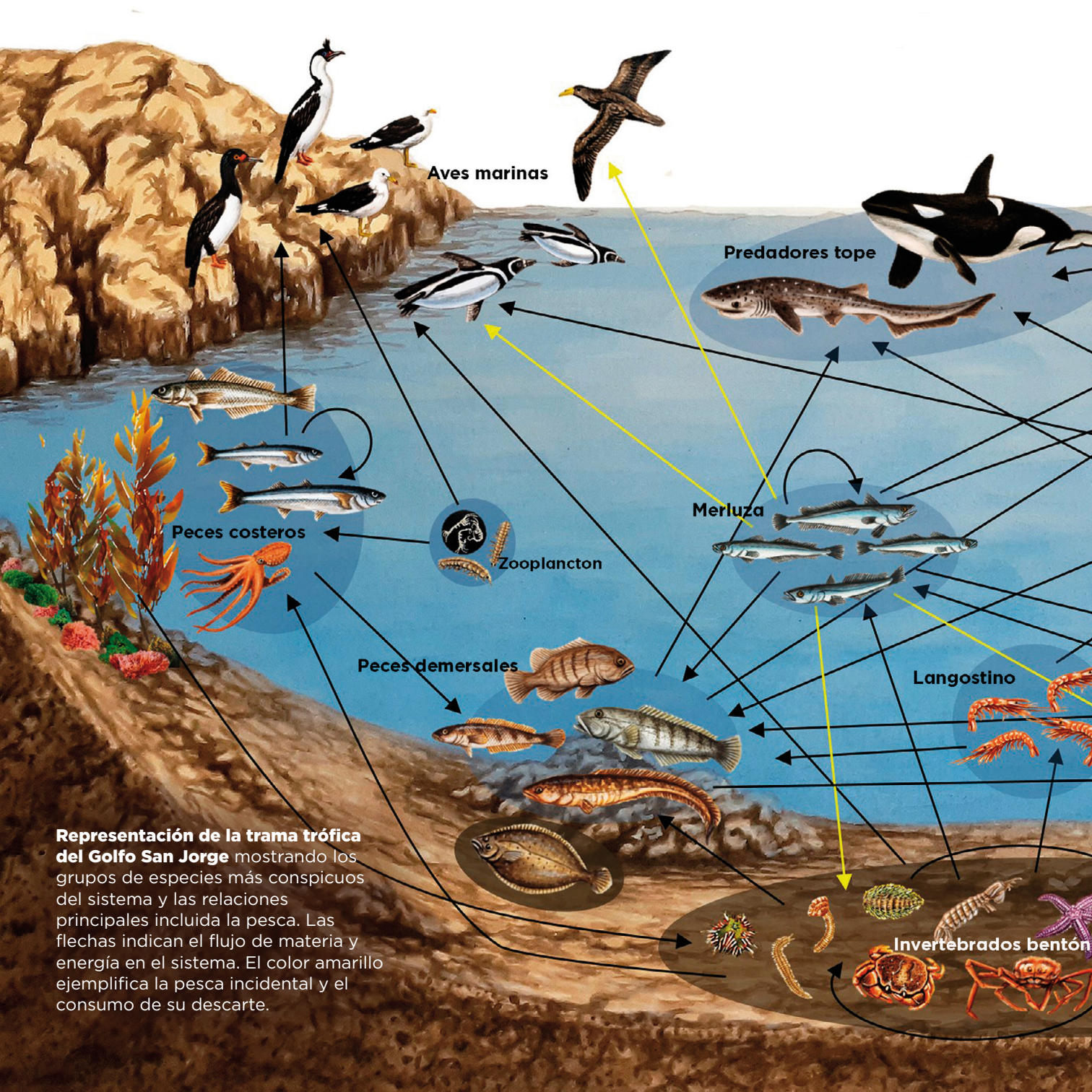
aves y mamíferos, pero se desconocen los procesos que determinan sus abundancias relativas y las consecuencias de su variación en el resto del sistema. Las especies con mayor número de interacciones alimentarias son la merluza, el langostino y la langostilla, especies que combinan ser predadores versátiles con ser presa de muchas especies.

Además el descarte pesquero, dominado por merluza, ofrece un recurso alimenticio a aves, mamíferos marinos, peces e invertebrados que consumen carroña; aumentando la disponibilidad de comida, y en algunos casos, modificando la dieta básica.

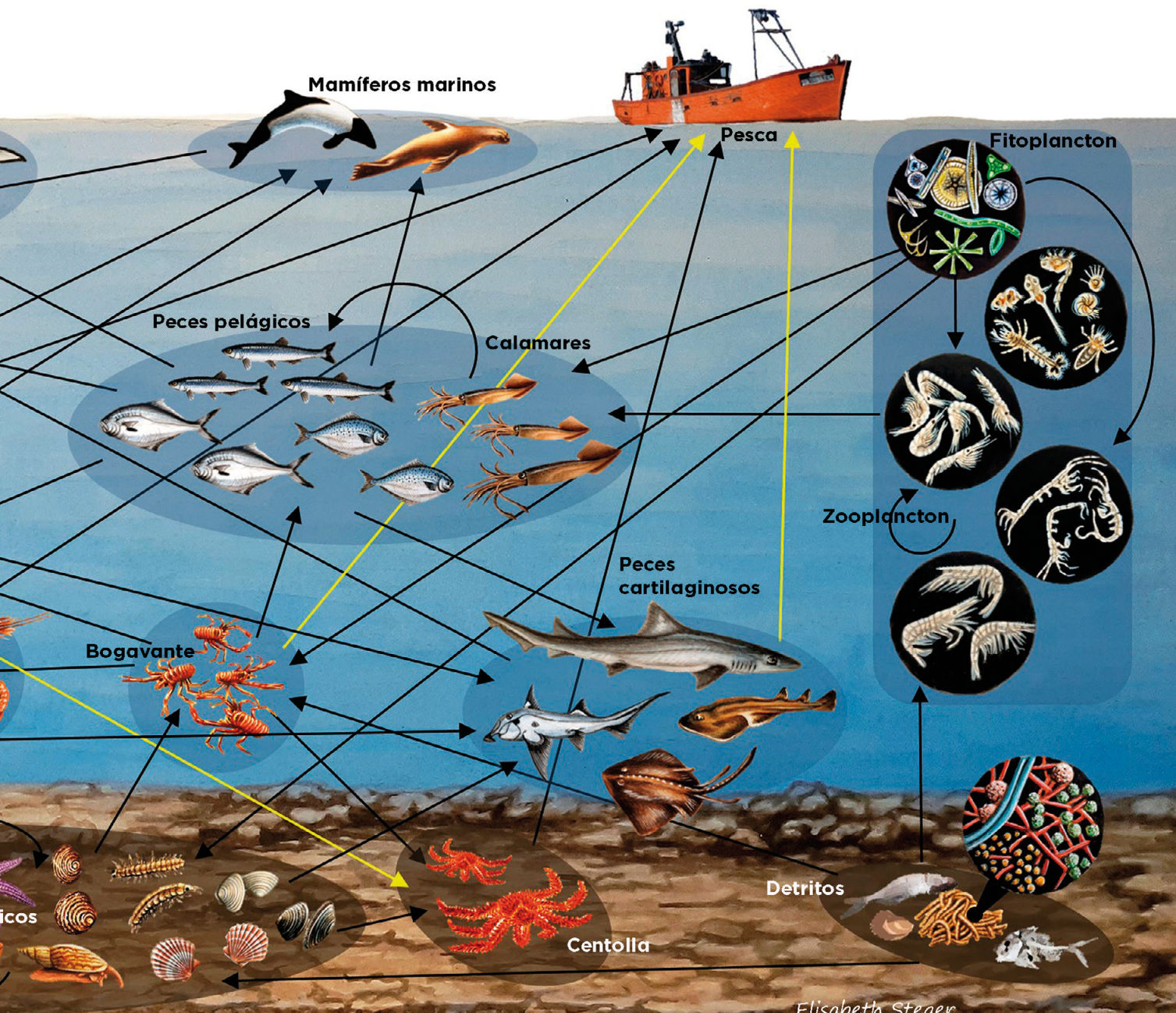
La merluza, junto con el langostino, son las dos especies principales con valor pesquero, y las mas conectadas en la trama trófica, lo que muestra la importancia de entender en profundidad el sistema del GSJ para lograr su manejo.

FOTO: DIEGO GONZÁLEZ ZEBALLOS





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.



IMPACTOS ANTRÓPICOS

En el GSJ se desarrollan diferentes actividades que generan grandes beneficios económicos tanto para la región como para el país, como la pesca, explotación y transporte de petróleo y turismo. Sumado a esto, encontramos tres ciudades, Rada Tilly, Comodoro Rivadavia y Caleta Olivia, con escasa infraestructura para el manejo de sus efluentes y los residuos sólidos urbanos. Estas actividades generan efectos sobre el funcionamiento del sistema, aportando nutrientes o modificando sus niveles, regulando las abundancias de algunas especies debido a su extracción, pudiendo en última instancia modificar la productividad del sistema y la sustentabilidad en el tiempo de algunas de estas actividades.

Pesca

En las pesquerías de **merluza** y **langostino** se emplean redes que son arrastradas por el fondo marino, **produciendo una alteración de los fondos y de las comunidades que lo habitan.**

La pesca industrial en el GSJ se centró en dos pesquerías de arrastre: la pesquería de merluza común y la pesquería de langostino, más recientemente se ha desarrollado una pesquería de centolla con trampas. La distribución del esfuerzo ha sido muy variable dependiendo de los rendimientos y regulaciones por parte de las autoridades de aplicación con jurisdicción sobre estas pesquerías (Santa Cruz, Chubut y Nación). Históricamente el mayor esfuerzo de la pesquería de langostino se concentró en el GSJ. En los últimos años, no obstante, el esfuerzo se concentró en el sector de plataforma que se halla al norte del golfo.

En las pesquerías de merluza y langostino se emplean redes que son arrastradas por el fondo marino, produciendo una alteración de los fondos y de las comunidades que lo habitan. Además, este tipo de pesca conduce a la captura incidental de cientos de especies, las cuales en su mayoría son descartadas al mar. El descarte tiene dos efectos

FOTO: LEONARDO JEREZ



sobre el ecosistema: 1) la muerte de las especies capturadas incidentalmente y 2) el aporte de toneladas de animales muertos al fondo del mar favorece a la proliferación de especies carroñeras afectando la composición de la comunidad, y aporta alimento a las aves marinas en superficie y a los peces en la columna de agua, con consecuencias en las tramas tróficas. Además, muchas veces el descarte involucra especies que son objetivo de otras pesquerías. Los estudios sobre el descarte se han enfocado en la pesquería de

▲ En la pesquería de langostino del GSJ operan dos flotas: la flota congeladora tangonera, que pesca exclusivamente langostino, y la flota fresca de altura que también pesca merluza.

▼ La pesquería de centolla se desarrolla a una escala industrial con barcos congeladores tramperos y fresqueros de altura y a una escala artesanal.

langostino debido a la magnitud de la flota y a que esta pesquería tiene como principal especie descartada a la merluza. Los estudios sobre el descarte en esta pesquería se han centrado en especies carismáticas como delfines, tiburones, pingüinos y otras aves; o bien en especies que son objetivo de otras pesquerías como la merluza o la centolla.

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



FOTO: MARTIN VARISCO

por el cual una trampa abandonada en el agua continúa pescando. Para evitar la pesca fantasma las trampas deberían contar con mecanismos de desactivación.

En el GSJ también se desarrollan pesquerías de pequeña escala (artesanal y deportiva) que resultan difíciles de cuantificar y por lo tanto existe una gran incertidumbre sobre el volumen de capturas. Los recursos pesqueros objetivos de los pescadores artesanales incluyen pulpo colorado (*Enteroctopus megalocyathus*), 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.

Exploración, explotación y transporte de hidrocarburos

La producción de petróleo representa la principal actividad económica del área. La mayor parte de las cuencas bajo explotación son continentales, pero existen concesiones de exploración y explotación que cubren un área de casi 20.000 km² bajo las aguas del golfo, por lo que la explotación offshore es esperable en un futuro cercano. La explotación y transporte de hidrocarburos trae aparejados riesgos de contaminación, tanto crónica como aguda. El principal riesgo de contaminación proviene de la carga y descarga de petróleo y productos refinados en zonas portuarias y de su transporte por buques petroleros a lo largo de la zona costera. De hecho, las áreas más contaminadas se localizan en zonas de carga de petróleo crudo, en zonas portuarias y en zonas de acumulación por corrientes, sumado al riesgo de derrames mayores como el ocurrido en 2007 en el área de Caleta Córdova. Otros impactos relacionados con esta actividad son el incremento del

El principal riesgo de contaminación en la explotación de hidrocarburos proviene de la **carga y descarga de petróleo y productos refinados** en zonas portuarias y **de su transporte por buques a lo largo de la zona costera.**



▲ El riesgo de introducción de especies exóticas a través del agua de lastre está vinculado a la actividad petrolera aunque podría extrapolarse a todo el tráfico naval.

riesgo de introducción de especies exóticas a través del agua de lastre y los efectos derivados de la prospección sísmica en el mar. El riesgo de invasiones biológicas podría extrapolarse a todo el tráfico naval, pero en los puertos del golfo está vinculado a la actividad petrolera. En el GSJ 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 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. El efecto sobre los invertebrados ha sido escasamente

abordado. Prospecciones sísmicas fueron llevadas a cabo en el golfo en años recientes, sin embargo, las observaciones de los pescadores es la única fuente de información sobre los posibles efectos que tuvo esta actividad.

Efluentes cloacales y residuos sólidos urbanos

Rada Tilly, Comodoro Rivadavia y Caleta Olivia suman unos 300.000 habitantes y tienen una escasa infraestructura para el tratamiento de los efluentes domésticos e industriales. En el caso particular de Comodoro Rivadavia existen más de 25 efluentes pluviocloacales que vierten residuos cloacales sin tratamiento en los 37 km de línea costera de la ciudad. Muchos de estos efluentes son de tipo mixto e incluyen residuos de la actividad industrial. Estas descargas producen un incremento de la carga bacteriana determinando que la mayor parte de las playas comprendida dentro de los ejidos urbanos de estas ciudades no sean aptas para uso recreativo ni para la extracción de mariscos para consumo.

La mayor parte de las playas comprendida dentro de los ejidos urbanos de las tres ciudades costeras del golfo **no son aptas para uso recreativo ni para la extracción de mariscos para consumo.**

FOTO: ROMINA VERGA



◀ En Comodoro Rivadavia existen mas de 25 efluentes pluviocloacales que vierten residuos sin tratamiento y algunos incluyen residuos industriales.

La llegada de residuos sólidos al mar es 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 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 hasta la muerte, son sólo la punta del iceberg porque aún no se comprenden del todo los impactos que el plástico tiene sobre la vida marina. No hay estudios sobre esta temática en el golfo, 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.

En las playas
próximas
al ejido de
Comodoro
Rivadavia
existe un
incremento
de la carga
bacteriana
debido a la
descarga de
efluentes
cloacales e
industriales.

FOTO: ROMINA VERGA



CAMBIO CLIMÁTICO

¿Cuáles serían los aspectos más importantes a estudiar y por qué?

El cambio climático de origen antropogénico se debe particularmente a las crecientes concentraciones de gases de efecto invernadero, principalmente dióxido de carbono (CO_2), las cuales generan un desequilibrio energético en el sistema climático de la Tierra con el consecuente incremento en la temperatura media global (Calentamiento Global). La temperatura promedio del planeta aumentó aproximadamente 1°C desde la era industrial (estimación a 2017).

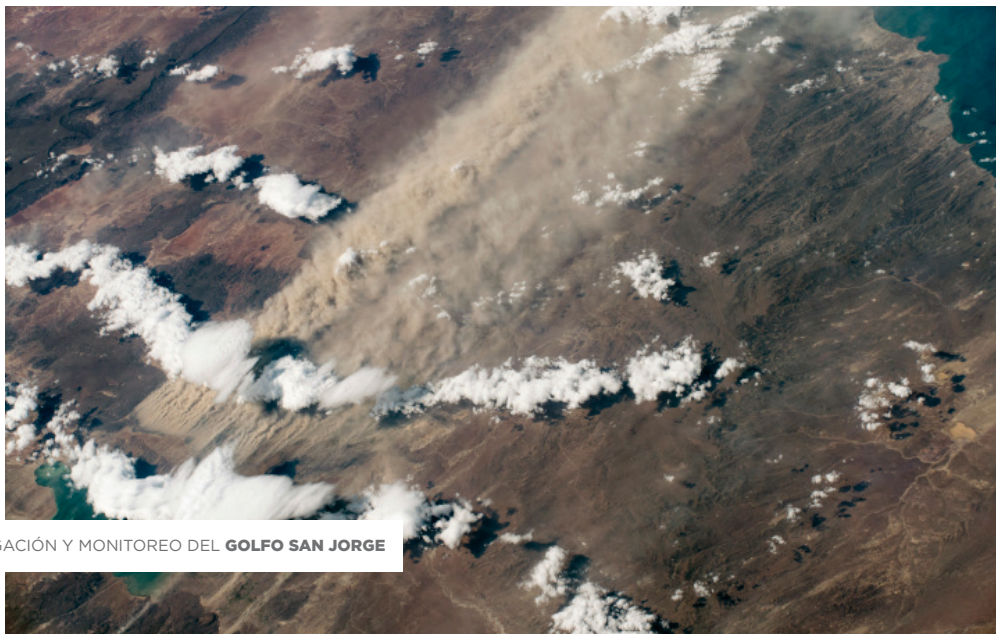
▼ Pingüinos de Magallanes.
(*Spheniscus magellanicus*).



Los ecosistemas marinos suelen ser muy sensibles frente a un mínimo cambio en la temperatura de su ambiente, y como es sabido, los océanos actúan como reservorios energéticos, absorben parte del calor de la atmósfera cuando la temperatura de ésta es mayor a la temperatura superficial del océano. Cabe mencionar que el incremento de temperatura puede traer aparejado alteraciones en el ciclo de vida de las especies, no sólo en cuanto a cambios en los rangos de distribución, sino también afectando procesos biológicos como la reproducción. Por ejemplo, generando un adelantamiento del ciclo de maduración estacional, produciendo cambios en la longitud o edad de maduración, alteraciones en la producción de hormonas o en la fecundidad, lo cual puede generar una disminución del potencial reproductivo.

El océano también juega un papel fundamental en el ciclo del carbono dentro del sistema climático. Se piensa que el océano ya ha absorbido cerca del 25% del CO₂ antropogénico emitido a la atmósfera, mitigando así parte del cambio climático. Un efecto

En la región Patagónica predominan los vientos del oeste, los cuales pueden aportar sedimentos al mar, y tienen un rol fundamental en el intercambio de CO₂ entre la atmósfera y el océano.



negativo es que el océano se vuelve más ácido (acidificación oceánica) lo que genera un desafío para la adaptación de los organismos marinos.

¿Qué sabemos del tema hasta el momento?

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 calentamiento entre 42-45°S (+0.52°C) y un área de enfriamiento entre 49-52°S (-0.42°C). Sobre el GSJ se observa un leve calentamiento en las proximidades a la costa y hacia el norte.

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 cambios en el régimen de viento. Desde la década del 70 se ha identificado un corrimiento hacia los polos de los vientos del Oeste ubicados sobre la Patagonia, como así también un incremento en su intensidad.

La temperatura superficial del mar y el viento juegan un rol fundamental en el intercambio de CO₂ entre la atmósfera y los océanos. Estudios de las últimas dos décadas indican que el Mar Patagónico es uno de los mayores sumideros de CO₂ en el Océano Global, disminuyendo en parte la concentración de CO₂ atmosférico, pero incrementando la acidez del océano. Las regiones frontales con alta producción primaria producen elevada captura, mientras que en aguas cercanas a la costa mezcladas se da lugar a una fuente neta de CO₂. Actualmente, diferentes instituciones de Argentina se encuentran estudiando y monitoreando el CO₂ superficial y los efectos de la acidificación oceánica sobre bivalvos (vieira patagónica), crustáceos y erizos de mar, entre otros, empleando instrumental de última generación.

El Mar Patagónico es uno de los mayores sumideros de CO₂ en el océano Global, disminuyendo en parte la concentración de CO₂ atmosférico, pero incrementando la acidez del océano.



The image features a close-up of a red ship's hull on the left side, with a large, rusty anchor visible. A blue circular graphic overlay covers the right half of the image. The text is positioned within this blue area.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL **GOLFO SAN JORGE**

EL PROGRAMA Y SUS ASPECTOS CLAVE

EL PROGRAMA: SUS OBJETIVOS

El Programa de Investigación y Monitoreo del GSJ (PIMGSJ) fue elaborado a partir de una convocatoria amplia de ideas-proyecto, involucrando más de 140 investigadores y profesionales pertenecientes a 25 instituciones de investigación y gestión. El PIMGSJ 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 esto se requiere:

- 1) Incrementar el conocimiento de las condiciones oceanográficas incluyendo sus componentes físicos, químicos, biológicos y geológicos.
- 2) Mejorar el conocimiento de la estructura y funcionamiento del ecosistema marino, y de los procesos que determinan su productividad y biodiversidad con un enfoque integral y multidisciplinario.
- 3) Evaluar el estado actual del ecosistema marino y desarrollar un programa de monitoreo a largo plazo.
- 4) Evaluar el impacto de las actividades antrópicas (contaminación, exploración y explotación petrolera, pesca, turismo, navegación, introducción de especies) y del cambio climático sobre el ecosistema.
- 5) Determinar áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad marina.

El **objetivo** general del PIMGSJ es **dar soporte al manejo de las actividades que se desarrollan en el GSJ desde una perspectiva ecosistémica.**

Líneas estratégicas

El PIMGSJ contempla nueve líneas temáticas prioritarias en el marco de los objetivos de la Iniciativa Pampa Azul: oceanografía física, química y biológica, geología y geofísica marina, oceanografía pesquera, estructura y funcionamiento del ecosistema, contaminación e impacto de la exploración y explotación petrolera, impactos ecológicos de la pesca, introducción de especies exóticas, conservación de la biodiversidad y valoración económica. La interdependencia de estas múltiples temáticas requiere de un esfuerzo coordinado interinstitucional y multidisciplinario para la adquisición y el análisis de datos a través de campañas oceanográficas y redes de monitoreo continuo, la experimentación y modelización del sistema, y la interacción y comunicación entre todos los actores involucrados.

La interdependencia de las múltiples temáticas del **PIMGSJ** requiere de un **esfuerzo coordinado interinstitucional y multidisciplinario**.

EL PROGRAMA: COMPONENTES Y RECURSOS

El estudio de un sistema marino complejo como el GSJ y el carácter multidisciplinario e interinstitucional del PIMGSJ, requiere de recursos logísticos, humanos y tecnológicos particulares.

Obtención de datos

Se establecieron tres tipos de estrategias para la obtención de datos:

(1) Campañas oceanográficas costeras y offshore

Las campañas oceanográficas se basan en la utilización de buques de investigación, para la medición in situ de múltiples variables

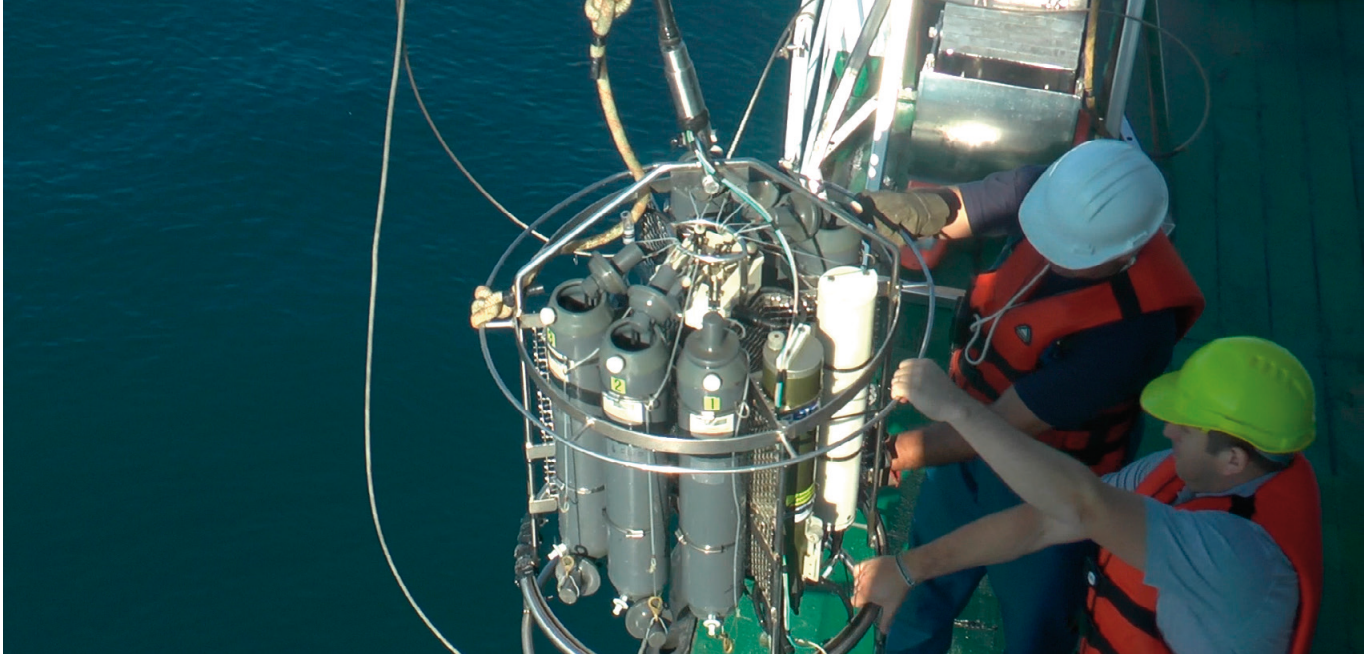
relacionadas con las condiciones oceanográficas, tanto físicas, químicas como biológicas, la estructura y composición de los fondos, la composición del plancton, la diversidad y distribución del bentos, las relaciones tróficas, y la abundancia y distribución de predadores tope. Dependiendo de la profundidad, se identificaron dos zonas a ser cubiertas con diferentes embarcaciones y estrategias, la zona costera de menos de 20 m de profundidad, y la zona offshore de mayor profundidad.

▼ El Buque Oceanográfico ARA Puerto Deseado es una de las plataformas para la obtención de datos disponible en la Iniciativa Pampa Azul.

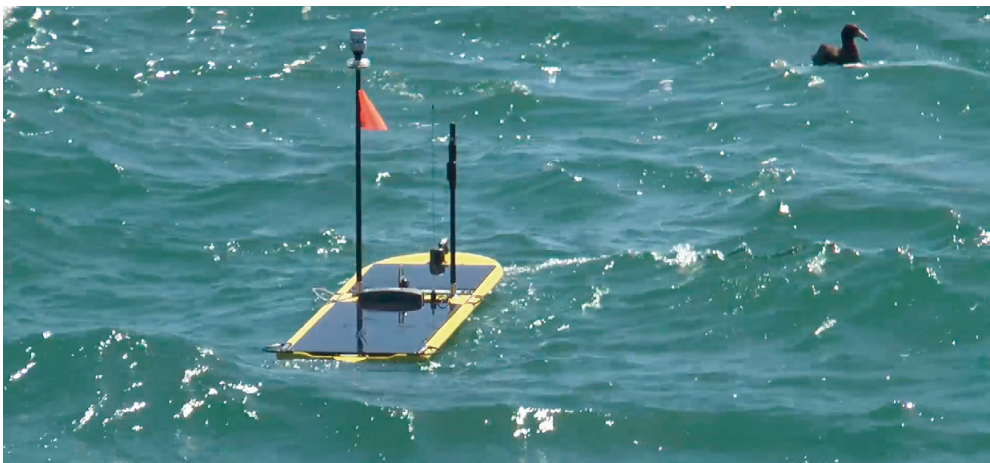
En la zona offshore, se realizaron campañas a bordo del Buque Oceanográfico ARA Puerto Deseado, durante las primaveras de 2016 y 2017. Estas campañas tuvieron como epicentro el golfo pero también incluyeron un vasto sector de la plataforma frente a Chubut debido a que los procesos oceanográficos que ocurren en el GSJ están íntimamente ligados con el SFNP. Las campañas integraron múltiples disciplinas, con más de 60 investigadores y técnicos de diferentes instituciones científicas



FOTO: INIDEP



-
- ▲ El equipamiento utilizado incluyó perfilador de medición continua de salinidad, profundidad y temperatura (CTD), con sensor auxiliar de fluorescencia, utilizado como indicador de clorofila y equipado con roseta oceanográfica y botellas para la toma de muestras de agua.
-



-
- ▲ En una de las campañas oceanográficas se utilizó un Wave Glider (Liquid Robotics), el cual es un equipo autónomo que permite medir distintas variables oceanográficas.
-

Las **campañas offshore** integraron múltiples disciplinas, con **más de 60 investigadores y técnicos de diferentes instituciones científicas** del país trabajando a bordo.

del país trabajando a bordo. Se visitaron entre 88 y 97 estaciones distribuidas a lo largo del sector comprendido entre los 43°S y el sur del GSJ. Además, se realizaron algunas actividades más intensivas en los sistemas frontales del sur y norte del golfo. En cada estación se llevaron a cabo hasta 15 actividades diferentes, y emplearon diferentes equipamientos y muestreadores.

En las zonas costeras de menor profundidad, no es posible trabajar con buques oceanográficos de gran tamaño, como por ejemplo el norte del golfo, área donde se emplaza el Parque Interjurisdiccional Marino Costero Patagonia Austral. La información disponible sobre la franja costera del GSJ es escasa y fundamentalmente se centra en los ambientes intermareales o en algunos componentes particulares del ecosistema, como algas, aves, mamíferos, tiburones, entre otros. Hasta la fecha no se han podido realizar campañas en esta zona, pero se espera que se puedan implementar en la medida que se disponga de embarcaciones adecuadas.

(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 no ha sido implementada aún. Su importancia radica en que apunta a un monitoreo periódico y continuo que produzca una serie de datos apropiados para estudiar eventos a distintas escalas temporales: horarias, diarias, quincenales, estacionales, interanuales, o incluso mayor si la actividad es sostenida en el tiempo. En el pasado ha habido intentos por sostener un monitoreo continuo mediante el uso de boyas oceanográficas pero dichas iniciativas no pudieron ser sostenidas en el tiempo. El GTGSJ elaboró un proyecto para el establecimiento de una primera estación de muestreo

permanente, ubicada próxima a Comodoro Rivadavia (45° 55' S; 67° 20' O) que permita el estudio regular y periódico de las variables ambientales y del plancton, y a partir de esta experiencia, incluir otros sitios estratégicos para la instalación de instrumentos de medición específicos.

Gestión de datos

Para las campañas oceanográficas, se estableció una política de gestión de datos que permite trabajar de manera multidisciplinaria. Esto requiere que desde su adquisición

▼ El equipamiento y las tecnologías fueron diversos, incluyendo redes de plancton y de arrastre de fondo, dragas y muestreadores de sedimento, hidrófonos para medición del ruido submarino, ecosondas, radiómetros para validar y calibrar mediciones de clorofila por imágenes satelitales, cámaras subacuáticas para la caracterización de los fondos y de la fauna bentónica.

FOTO: INIDEP



los datos se ajusten a estándares internacionales. 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.

Desarrollos tecnológicos

La obtención de datos conduce a incentivar ciertos desarrollos tecnológicos, tendientes a proveer equipamientos inexistentes hasta el momento en el país, y a la capacitación de técnicos e investigadores. Estos desarrollos contribuyen a los objetivos del PIMGSJ, como así también al avance de una autonomía tecnológica nacional.

Hidroacústica

- La hidroacústica consiste en el envío de una serie de ondas acústicas ultrasónicas (que la mayoría de los organismos marinos no pueden escuchar) en forma de pulsos bajo el agua, y en el análisis de los ecos de tales pulsos originados en organismos y estructuras del fondo. La adquisición continua de tales ecos a lo largo de la derrota del buque permite construir los ecogramas, representaciones gráficas en dos y tres dimensiones de la columna de agua y del perfil del fondo, donde las intensidades relativas de los ecos se representan asociadas con una escala de colores.
- En la actualidad, se cuenta con tecnología de última generación en los buques de investigación, tanto de la UNHIDO (CONICET-ARA), PNA, el INIDEP y Unidades Ejecutoras del CONICET. Sin embargo se requiere de recursos humanos especializados, aún escasos.



- Esta tecnología permite estimar la biomasa 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. De este modo, grandes extensiones del mar pueden ser escudriñadas, tanto de día como de noche, sin perturbar el comportamiento de los organismos y su entorno.

Medición del ruido ambiente submarino

- La medición de niveles de ruido ambiente mediante la acústica pasiva consiste en la utilización de transductores hidrofónicos para captar ondas sonoras que se propagan en el medio marino y transformarlas en señales eléctricas que se puedan amplificar,

▲ En la actualidad, se cuenta con tecnología hidroacústica de última generación en los buques de investigación, como también equipos portátiles que pueden ser operados desde pequeñas embarcaciones y acceder a áreas costeras. Sin embargo se requiere de recursos humanos especializados, aún escasos.

La medición del ruido ambiente permitirá 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.

digitalizar y almacenar en una computadora para su posterior procesamiento.

- Durante las campañas oceanográficas se puso a punto el equipamiento y la metodología para realizar las primeras mediciones de ruido ambiente y ruido propio radiado por el buque, de acuerdo a estándares internacionales. El equipamiento consiste en un arreglo arriable de hidrófonos calibrados y circuitos electrónicos diseñados y fabricados ad-hoc para preamplificar las señales acústicas captadas por los hidrófonos. Actualmente, se está desarrollando un sistema portátil a ser utilizado en pequeñas embarcaciones.
- Esta tecnología permitirá 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.

Dispersión acústica por microalgas

- Las técnicas acústicas permiten la determinación de la abundancia de microplancton insitu (principalmente diatomeas, dinoflagelados y tintínidos), representando una técnica no invasiva y complementaria a la determinación óptica en muestras de agua.
- Junto con la modelación del fenómeno de retrodispersión acústica por elementos de volumen, se han llevado a cabo mediciones electroacústicas en cultivos monoalgales en el laboratorio y se han realizado mediciones insitu en el GSJ. Para lograr concentraciones acústicamente detectables a la sonorización con transductores ultrasónicos, se colectaron muestras de agua con redes de arrastre vertical, se estimaron las abundancias de las microalgas y se las comparó con las estimaciones que se obtienen a partir de la modelación y las mediciones electroacústicas.



FOTO: IGOR PRARIO

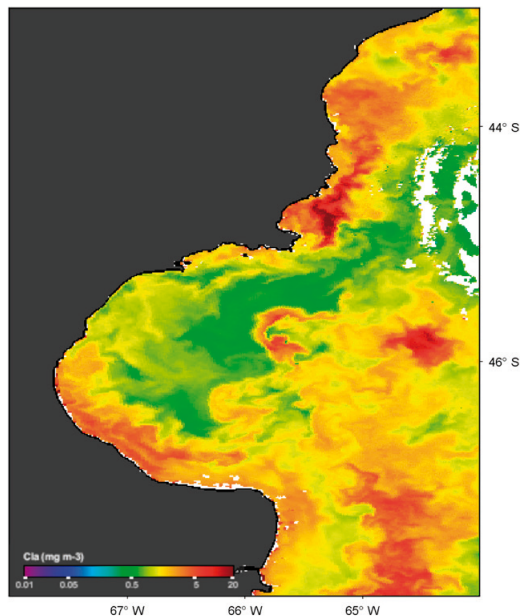


FOTO: MARIANO CINQUINI



FOTO: IGOR PRARIO

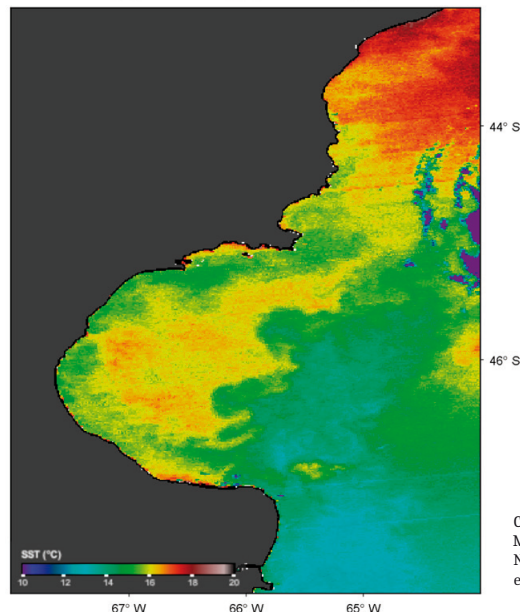
- ▲ Para la medición del ruido ambiental se desplegó un arreglo de hidrófonos tanto desde la banda del buque como desde embarcaciones auxiliares que permitan alejarse del buque en tanto fuente sonora.



- El desarrollo de estas técnicas permitirá estudiar acústicamente desde una plataforma móvil las poblaciones micro planctónicas, contar con series temporales de datos a largo plazo, y contribuir a la determinación de niveles de contaminación marina y caracterización de floraciones algales.

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.
- La teledetección satelital en la región del infrarrojo del espectro EM permite determinar la temperatura superficial del mar mientras que la información en la región visible permite identificar y cuantificar los componentes que



- ◀ Concentración de Clorofila-a y Temperatura Superficial del Mar (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.

Creditos: 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.

cambian el color del mar (ej. pigmentos fitoplanctónicos como la clorofila) mediante la detección cuantitativa de la radiación emergente del agua y el análisis de su firma espectral.

- A partir de datos medidos in situ durante las campañas oceanográficas (datos radiométricos equivalentes a los que miden los sensores satelitales y mediciones de clorofila y turbidez en las muestras de agua) y datos satelitales, se están desarrollando algoritmos para estimar diferentes variables físicas y biofísicas de la superficie del mar.
- Esto permitirá identificar diferentes procesos oceanográficos del GSJ, como así también comprender la variabilidad espacial y temporal de las comunidades fitoplanctónicas.

Cámaras de video remoto

- Los equipos de video remoto están conectados a superficie, graban y permiten observar desde la embarcación a tiempo real las imágenes que capta la cámara. A diferencia de los ROVs (vehículos operados a distancia) no tienen propulsión propia. Estas cámaras están montadas en estructuras metálicas a las que se acoplan sistemas de medición (lasers o reglas) o sensores de registro de datos como temperatura y profundidad. A partir de las imágenes se pueden extraer datos sobre los hábitats y comunidades de algas y animales.
- Se logró realizar con éxito video transectas con equipos de cámaras de deriva y acoplar una cámara fija (denominada esclava, sin conexión) a un patín de arrastre epibentónico. Se colectaron imágenes del lecho marino de calidad variable donde se registró información sobre el funcionamiento de otras artes de muestreo del buque, tipos de fondo, hábitats, macrofauna y peces.
- Hasta el momento estas técnicas fueron utilizadas desde pequeñas embarcaciones, pero se están evaluando futuras posibilidades y técnicas a utilizar desde grandes buques.

Las imágenes satelitales permiten identificar diferentes procesos oceanográficos del GSJ, como así también comprender la variabilidad espacial y temporal de las comunidades fitoplanctónicas.





PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO DEL **GOLFO SAN JORGE**

PERSPECTIVAS

La **identificación de vacíos de información es un paso clave** para focalizar la investigación y así mejorar la comprensión del funcionamiento del sistema.

¿QUÉ FALTA SABER?

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. A partir de la recopilación de información existente, y de nueva información generada por la Iniciativa Pampa Azul y el PIMGSJ, se alcanzaron resultados relevantes y se amplió el conocimiento científico del ecosistema del GSJ. Así también, se identificaron vacíos de conocimiento que se irán resolviendo a medida que el PIMGSJ continúe avanzando.

El Entorno físico y la productividad del ecosistema

- Optimizar los modelos que resuelven las ecuaciones físicas del movimiento del agua para predecir con mayor exactitud la circulación dentro del GSJ y su conexión con la Plataforma Patagónica. Para ello es necesario validarlos mediante la obtención de datos in situ.
- Conocer la variabilidad estacional e interanual de las características físicas y químicas de las aguas, ya que sólo se conocen en periodos discretos de tiempo. Esto permitirá evaluar los cambios ambientales en relación a los procesos biológicos observados.
- Evaluar el aporte del polvo atmosférico, ya que si bien aporta nutrientes para los productores primarios, puede afectar negativamente a los organismos produciendo aguas más turbias o aportando contaminantes.
- Estudiar los patrones de circulación en zonas costeras, particularmente la generada por la interacción de las corrientes de marea y la topografía. Su conocimiento es clave para mejorar la capacidad explicativa y predictiva del comportamiento del ecosistema, y su relación con la disponibilidad de nutrientes y la productividad.



FOTO: DARIO PODESTÀ

-
- ▲ La circulación en las zonas costeras, particularmente generada por la interacción entre mareas y topografía del fondo, es clave en la productividad.
-

Componentes de biodiversidad

Bacterias

- Aumentar la comprensión de la dinámica de las comunidades microbianas, analizando la variación estacional de los flujos de carbono en el GSJ.
- Aislar y caracterizar las bacterias heterótrofas.

Fitoplancton

- Aumentar el conocimiento sobre la composición específica del fitoplancton.
- Aumentar el conocimiento sobre los taxa microalgales que tienen impactos negativos sobre otros organismos y sobre la salud humana, mediante el aislamiento y cultivo de las especies de interés, y la aplicación de técnicas moleculares.
- Aumentar el conocimiento de la composición y dinámica, así como el de los factores que regulan los eventos FANs. Para ello es necesario intensificar muestreos quincenal o semanalmente (según la época del año) en sitios estratégicos preestablecidos.
- Conocer la variación estacional de las diversas fracciones y grupos fitoplanctónicos durante un período anual, a partir de muestreos in situ sostenidos en el tiempo. Esto permitirá establecer la contribución de cada grupo y fracción a la biomasa total del fitoplancton para cada época del año.
- Identificar los factores que pueden estar regulando el desarrollo de cada fracción y grupo taxonómico del fitoplancton. Esto permitirá interpretar y predecir los cambios en la comunidad fitoplanctónica en función de los posibles cambios ambientales.

Zooplancton

- Estudiar la distribución vertical de los organismos a partir de muestreos estratificados, para analizar su capacidad migratoria en la columna de agua y asociarla con las condiciones ambientales.
- Evaluar la presencia y abundancia de los organismos durante las diferentes estaciones a lo largo de un año, dada su influencia sobre el reclutamiento de especies de interés comercial.

- Evaluar los efectos que las actividades antrópicas pueden tener sobre el zooplancton (contaminación y modificación del ambiente, entre otras).

Bentos

- Mejorar la caracterización del bentos en las áreas con fondos duros y en las áreas costeras, principalmente al sur y al norte del GSJ respectivamente.
- Profundizar el conocimiento de la diversidad y productividad de los invertebrados que viven enterrados en el fondo marino.
- Mejorar los modelos de distribución espacial de las comunidades bentónicas, incorporando nuevas variables.

▼ Los fondos rocosos albergan una gran diversidad de invertebrados que conforman el bentos.

FOTO: NICOLÁS BATTINI



Peces

- Conocer cuál es el rol de los sistemas frontales en los procesos de concentración, alimentación y retención de estadios larvarios de los peces óseos, así como cuáles son los mecanismos/procesos físico-oceanográficos que condicionan el reclutamiento de post-larvas y juveniles.
- Conocer qué rol tienen los primeros estadios de vida en el proceso de dispersión de las especies de peces y en la conectividad de sus poblaciones mismas dentro y fuera del GSJ.
- Identificar las áreas de oviposición y cría de condricios. Conocer el espectro de estrategias reproductivas que utilizan los

▼ Escrofálo (*Sebastes oculatus*).



FOTO: MAURO MARCINKEVICIUS

peces del GSJ en relación con los ciclos de producción y los patrones de circulación, en particular aquellas con una marcada asociación a un tipo de hábitat.

- Analizar cómo varía la ecología trófica a lo largo de la historia de vida de las distintas especies de peces, y cuál es la superposición trófica entre las especies de peces presentes.
- Conocer la tendencia poblacional de muchas especies del GSJ para poder dimensionar el impacto de la mortalidad por pesca de las especies capturadas junto a las especies objetivo.

Aves y mamíferos

- Evaluar la relevancia de los sistemas frontales a diferentes escalas para las aves y mamíferos marinos, e identificar áreas de mayor concentración de individuos.
- Desarrollar modelos de hábitat para pequeños cetáceos, relacionando las variables ambientales, que permitan mejorar las estimaciones de abundancia, desarrollar modelos de riesgo de interacción con actividades humanas como la pesca y discutir el mejor emplazamiento de áreas marinas protegidas.

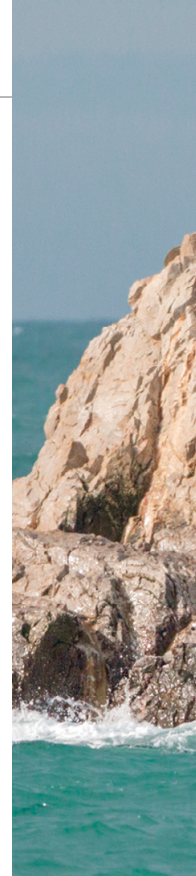
FOTO: DARIO PODESTÀ



▲ Gaviotín real (*Thalasseus maximus*).



FOTO: DARIO PODESTÁ



▲ Cormoran gris
(*Phalacrocorax*
gaimardi).

- Conocer la tendencia poblacional de las principales especies de pequeños cetáceos (delfín oscuro, delfín austral, tonina overa), junto con estudios que permitan concluir si se trata de únicas poblaciones en el Atlántico Sudoccidental, lo que permitiría reevaluar la mortalidad incidental de manera regional o local.
- Evaluar el uso del GSJ por grandes ballenas, como parte de su ruta migratoria entre el trópico y el océano Circumpolar Antártico, y como potencial área de alimentación.
- Estimar parámetros reproductivos de aves y mamíferos marinos como indicadores de la productividad del sistema o cambios ambientales.



◀ Colonia de lobos marinos de un pelo *Otaria flavescens* y de dos pelos *Arctocephalus australis*.

Trama trófica

- Ampliar la información sobre dieta existente, actualizando estudios previos sobre especies clave o de interés comercial y cubriendo vacíos de información en grupos menos conspicuos. Las descripciones actualmente disponibles para muchos peces fueron realizadas en los años '80, previo al desarrollo de la explotación pesquera, la explosión demográfica de la langostilla, la reducción de la abundancia de la merluza y la incursión de especies de aguas más cálidas.
- Conocer las tendencias poblacionales de las especies dominantes, de



FOTO: SILVANA D'ANS

- ▲ Mantener el carácter integral y multidisciplinario en las campañas oceanográficas, cubriendo todos los componentes del ecosistema, es fundamental para el análisis interdisciplinario y la comprensión del funcionamiento del GSJ.

interés comercial o con problemas de conservación.

- Determinar los principales procesos ecológicos que determinan los flujos de energía y la estructura de las tramas tróficas del GSJ.
- Conocer cómo responden los predadores tope a los cambios en el ecosistema marino, por ejemplo, cómo modifican sus preferencias ante cambios en la disponibilidad de presas, e incorporarlos en modelos multi-específicos.
- Proponer alternativas de modelos conceptuales y formales cuantitativos para evaluar respuestas del sistema ante posibles escenarios generados por explotación pesquera, introducción de especies o cambio climático.

Impactos antrópicos

- Identificar las especies más críticas y los procesos ecológicos más sensibles a la explotación pesquera.
- Dimensionar el impacto de las pesquerías sobre los fondos y sobre la dinámica del ecosistema, incluyendo el papel de los descartes pesqueros en las tramas tróficas y la superposición

en el uso de los recursos por parte de pesquerías y depredadores topes.

- Caracterizar el impacto de la actividad pesquera y la explotación de hidrocarburos en las comunidades bentónicas (epi e infaunales), principalmente, e incorporar dicha información al manejo ambiental del GSJ.
- Analizar el impacto de los efluentes pluviocloacales y residuos sólidos urbanos sobre los ecosistemas costeros del golfo, y generar información de base en estos tópicos que pueda ser utilizada para el diseño de políticas públicas en torno a estas problemáticas
- Evaluar la captura incidental de aves y mamíferos marinos en las operaciones de pesca y sus cambios en el espacio, tiempo, y ante cambios en artes y maniobras de pesca.
- Determinar las áreas sensibles y de mayor probabilidad de captura incidental, y el diseño de medidas de manejo para minimizar el impacto en el ecosistema.

Cambio climático

- Determinar mediante la utilización de series temporales de datos atmosféricos y oceánicos de largo período, si los cambios observados sobre la Plataforma Patagónica son producto del cambio climático o de la variabilidad propia del sistema.
- Determinar cuáles podrían ser los efectos a largo plazo del incremento de temperatura sobre el ciclo de vida de las especies.
- Identificar fluctuaciones del nivel del mar, las cuales podrían afectar organismos en algunas etapas de su ciclo anual y el desarrollo de las actividades socio-económicas de las regiones costeras. Investigaciones en los temas mencionados darían herramientas útiles en temas de adaptación frente al cambio climático.

La fortaleza del PIMGSJ es el **enfoque integrado e interdisciplinario** necesario para profundizar los conocimientos sobre la estructura y el funcionamiento del ecosistema marino del GSJ y los procesos que determinan y afectan tanto su productividad como su biodiversidad.

CÓMO SEGUIR CON EL ESTUDIO Y MONITOREO DEL GSJ

La implementación del PIMGSJ, ha permitido avances significativos en la comprensión de la estructura y funcionamiento del golfo. Sin embargo, son varios los aspectos que deben ser aún abordados. En un contexto de cambio climático y presión antrópica creciente es necesario llevar adelante iniciativas que aseguren el monitoreo sostenido de la salud del ecosistema. 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 (primavera) 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 periodo 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.

La fortaleza del PIMGSJ es el enfoque integrado e interdisciplinario necesario para profundizar los conocimientos sobre la estructura y el funcionamiento del ecosistema marino y los procesos que determinan y afectan tanto su productividad como su biodiversidad. Este enfoque es necesario para comprender las respuestas del ecosistema a las múltiples actividades que en él se desarrollan, incorporar las implicancias del cambio climático y sentar las bases para una gestión sustentable del GSJ.

Los mayores desafíos del PIMGSJ son la coordinación interinstitucional, el trabajo multidisciplinario requerido para avanzar en un enfoque ecosistémico y la continuidad en su financiación y gestión a largo plazo.

FOTO: ADRIÁN CEFARELLI





FOTO: DARIO PODESTÁ

ISBN 978-987-3781-57-6



9 789873 781575

PAMPA AZUL

AZARA
FUNDACIÓN DE HISTORIA NATURAL

umai Universidad
Maimónides