

Algas Tóxicas en los Golfos Norpatagónicos. Condiciones ambientales y detección satelital

El objetivo de esta investigación es desarrollar nuevas herramientas para detectar satelitalmente las floraciones algales nocivas (comunmente llamadas MAREA ROJA) y las condiciones oceanográficas propicias para que se produzcan en la región de los golfos norpatagónicos. Generar pronósticos operativos que permitan anticipar las floraciones nocivas, su potencial ubicación, tamaño y trayectoria. Se contara tambien con datos in situ de variables biológicas y ambientales.

Palabras clave: FAN, Detección Satelital, SST y Clor, Marea Roja

Conocimientos deseables

phyton, probabilidad y estadistica

¿Qué podría aprender quien realice esta tesis?

Manejo de bases de datos satelitales y reanálisis utilizados en ciencias de la tierra, uso de series de tiempo, variabilidad espacio temporal de distintas variables ambientales a partir de imagenes satelitales con aplicación en oceanografía y otras ciencias afines.

Dirección de la tesis

*Romero, Silvia Ines
Servicio de hidrografia naval/ DCAO-UBA*

Contacto: sromero@hidro.gov.ar

Más información en el pdf a continuación.

PROYECTO BIANUAL DE INVESTIGACIÓN PARA LA INICIATIVA PAMPA AZUL

INVESTIGADOR RESPONSABLE Dra. Silvia Inés Romero

LUGAR DE TRABAJO Dpto Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval

Calle: Av. Montes de Oca Nº: 2124 Piso: 4to

Localidad: CABA

País: Argentina

Celular: (54-11) 51251308

Email: sromero@hidro.gov.ar con copia a sir.oceano@gmail.com

Profesora Adjunta Regular en el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN-UBA y en la Escuela de Ciencias del Mar, Universidad Nacional de la Defensa

TÍTULO:

Detección y pronóstico de floraciones algales nocivas (FANs) en la región de los golfos Norpatagónicos

INTRODUCCIÓN

Las mareas rojas, como suelen llamarse, deben su nombre al cambio de color en cuerpos de agua dulce o marina, debido a la proliferación extraordinaria de determinadas microalgas. Se trata de eventos naturales, que se producen en todas partes del mundo y generalmente son estacionales, pero con diferencias regionales, y generan impactos económicos, socio-ecosistémicos y sobre la salud de las poblaciones. Estos eventos pueden generar o no toxicidad, sin embargo, el nombre Floraciones Algales Nocivas (FANs, HAB por sus siglas en inglés) hace referencia a los daños en el socio-ecosistema terrestre y marino, que este tipo de floraciones pueden ocasionar. Consecuentemente, sus efectos adversos han sido registrados en predadores superiores como aves marinas (Gayoso y Fulco, 2006), lobos marinos (Buckmaster et al., 2014), ballenas (Fire et al., 2010; Häussermann et al., 2017), delfines (De la Riva et al., 2009) y seres humanos (Carreto et al., 1981; Perl et al., 1990; Mons et al., 1998), los cuales han sufrido diferentes tipos de daños gastrointestinales, neurológicos e inclusive la muerte. En particular, se espera que la eutrofización costera aumente en un 20% en los ecosistemas marinos para el año 2050 (Naciones Unidas 2018)

En el Mar Argentino las FANs han sido ampliamente investigadas (e.g., Carreto et al., 1981, 1998, 2004, 2007; Montoya et al., 2010, 2018; 2019, Fabro et al., 2015, 2017, 2019; Montoya et al., 2018; Goya et al., 2020, Almandoz et al. 2019, Almandoz et al., 2007, 2008, 2017, Guinder et al., 2020, Gracia Villalobos, et al. 2019, Sastre et. al. 2018). Ramirez et. al (2022) realizaron una revisión sistemática de la literatura con registros históricos (1980–2018) de fitoplancton potencialmente tóxico en la plataforma continental argentina (35°S-56,5°S), encontraron que los registros aumentaron de 124 en el período 1980–1992 a 638 en 2006–2018, y el área monitoreada se extendió desde aguas costeras hacia mar adentro. En su análisis resulta que el aumento de registros está relacionado con mayor monitoreo, análisis taxonómicos más detallados y técnicas químicas más sensibles para la detección de biotoxinas marinas. En Montoya et al (2020), realizaron una actualización del fitoplancton potencialmente tóxico, publicaron nuevos hallazgos y desafíos. Los autores mencionan que los síndromes más graves tanto por extensión, frecuencia, toxicidad, y seres vivos afectados, son los provocados por la intoxicación paralizante que produce la proliferación del dinoflagelado *Alexandrium catenella*. En cuanto al ácido domoico, recientemente se demostró que existe transferencia de esta neurotoxina desde el fitoplancton al mesozooplancton y de ellos a las ballenas francas australes cuando se encuentran en el área de cría y reproducción de Península Valdés (D'Agostino et al., 2017, 2019) y que esta exposición podría ocasionar alteraciones endocrinas en ballenas expuestas al ácido domoico (D'Agostino et al., 2021). D'Agostino et al. (2019) documentaron que la ruta más importante del

ácido domoico a través de la trama trófica fueron los copépodos calanoideos, principal presa de estas ballenas mientras se encuentra en Península Valdés (D'Agostino et al., 2016, 2017, 2018, 2019).

Hoffmeyer et al. (2020) encontraron evidencias de vectores potenciales en organismos del microplancton y mesozooplancton en la zona sur del Golfo San Matías y en la costa Este de la Península Valdés. Estos resultados son extremadamente valiosos, sin embargo, debe tenerse en cuenta el sesgo a las estaciones de muestreo realizadas en 16 puntos heterogéneamente distribuidos en toda la región de los golfos norpatagónicos (ninguno dentro del Golfo Nuevo (GN) o San José (GSJ) durante el verano tardío del 2013, cuando realizaron sus muestreos.

Hoffmeyer et al. (2020) reporta que las aguas en las que el ácido domoico, capaz de producir el envenenamiento de la vida silvestre como las ballenas, aves y otros, fue detectado, estuvieron caracterizadas por bajas temperaturas, altos nitratos y valores intermedios de ácido silícico y fosfatos. Tanto el trabajo de Hoffmeyer y coautores, como así también aquellos de D'Agostino et al. (2017, 2019) evidencian la co-ocurrencia de floraciones de *Pseudo-nitzschia* con la producción de ácido domoico y la acumulación de esta neurotoxina en organismos del zooplancton.

El 24 de septiembre de 2022, comenzó un Evento de Mortalidad Masivo (EMM por sus siglas en inglés) que incluye hasta el momento un total de 30 ballenas francas australes (*Eubalaena australis*), siendo 26 de ellas adultas y 4 juveniles. Casi en simultáneo, se desarrolló un evento de marea roja, con unidades ratón muy altas, fuera de lo común y concentraciones de clorofila satelital (CSAT) extremadamente altas para la región. Por este motivo, la hipótesis que se manejó desde un comienzo fue que las ficotoxinas podrían ser las responsables de tales decesos. A la fecha de este documento, todos los institutos (que se mencionan en el párrafo siguiente y a lo largo del presente) que intervinieron en los análisis de las 6 necropsias iniciales (faltan 8) sostienen la hipótesis de que la mortandad se debió a una floración algal nociva ocurrida en el Golfo Nuevo entre fines de septiembre y principios de octubre de 2022. Wilson y otros (2016) hacen una descripción detallada y multivariada de los eventos de muertes de ballenas en Península Valdés (GSJ y GN), demostrando que a partir de 2005 y hasta su publicación, las muertes fueron aumentando en cantidad y frecuencia, en su mayoría (90%) se trataron de crías menores de 3 meses de edad. También demostraron que hubo relación estadística positiva entre las muertes y la densidad mensual de diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* (no así de *A. catenella*).

La primera ballena sin vida, de un total de 30 ballenas francas australes, fue detectada en las proximidades de Punta Pardelas, contadas hasta el momento de la elaboración de este documento, por el Programa de Monitoreo Sanitario de Ballena Franca Austral (PMSBFA*). Este programa informa que entre 2003 y 2021 la mortalidad registrada según clases de edad es de 89% de crías, 4% de juveniles y 7% de adultas, con un promedio de 75 crías por año. En el año 2012 ocurrió el evento más extremo registrado para esta especie en el mundo, con la muerte de 113 crías nacidas en esa temporada. El 2021 fue otro año inusual, ya que murieron 13 ballenas adultas y 7 juveniles, el mayor registro para estas categorías desde el inicio del programa, luego del comentado anteriormente. Para poner en contexto las 30 muertes de 2022, se puede citar la estimación que investigadores del Laboratorio de Mamíferos Marinos del CESIMAR (CCT CONICET-CENPAT) dieron para la temporada 2018, esto es un total de 1606 ballenas adultas incluyendo 711 crías (Crespo et al., 2019). En el censo realizado durante el 2022, el total de animales contabilizados fue de 1114.

* Este es un programa interinstitucional liderado por la Universidad de California, Davis y el Instituto de Conservación de Ballenas (con fondos internacionales y de la Fundación Patagonia Natural) que tiene como objetivo monitorear (cita a la nota) el estado de salud de estas ballenas y conocer las causas de su mortalidad en las costas de Pla. Valdés. Este programa no es el único, también está en progreso desde 2014 (dentro del marco del Plan de Manejo para la Conservación de la Ballena Franca Austral del Atlántico Sudoccidental de la Comisión Ballenera Internacional) el proyecto "Siguiendo Ballenas" que es el resultado del trabajo colaborativo de instituciones académicas (CESIMAR-CONICET, CIMAS-CONICET, ESCiMar de la Universidad Nacional del Comahue), gubernamentales y de la sociedad civil de Argentina, Brasil y Estados Unidos.

A pesar de que la medición de ficotoxinas en bivalvos es el enfoque estándar para el monitoreo y la protección de la salud pública (ver ANMAT y otros) y que la identificación microscópica de floraciones nocivas y el recuento de organismos es el método estándar para evaluar el estado de las FANs y ya es un proceso operativo y muy efectivo en la provincia de Chubut, se están desarrollando cada vez más una variedad de nuevos métodos de detección remota, usando no solo satélites sino aviones, drones y sensores que van sumergidos en el agua. El objetivo es el de complementar todo lo que se realiza actualmente a partir del pronóstico de células y toxinas FAN con métodos complementarios que no consumen tanto tiempo y pueden proporcionar advertencias más tempranas, más rápidas y más económicas para la toma de decisiones operativas y de mitigación de daños.

En el mundo se están desarrollando modelos predictivos que se basan en el conocimiento de las especies FAN que se quieren modelar, la comprensión de la dinámica de las floraciones en una región en particular, y series de tiempo adecuadas (cita). Una de las formas más efectivas de pronóstico y monitoreo de FANs es a partir de imágenes satelitales, que proveen una visión sinóptica a una alta resolución temporal y espacial. La NOAA, por ejemplo, apoya el desarrollo del monitoreo, observación y pronóstico de FANs en regiones de USA en colaboración con empresas o personas físicas locales, organismos estatales y universidades (ver por ej. <https://coastalscience.noaa.gov/project/harmful-algal-bloom-hab-forecasting/>).

En este sentido, y considerando la situación ocurrida en el corriente año como punto de inflexión, el objetivo general de esta idea-proyecto es establecer un *plan de detección y pronóstico temprano de floraciones algales nocivas* en la región de los golfos norpatagónicos como estrategia de acción para la prevención. Se trata de un proyecto piloto que busca establecer los procedimientos metodológicos y arreglos institucionales necesarios para luego extenderlo a distintas regiones de Argentina donde la ocurrencia de estos eventos de FANs es frecuente y son críticos los impactos que pueden existir a nivel del socio-ecosistema y salud pública (p. ej., enfoque de Una Salud o *One Health* en inglés).

Objetivo de la Idea-Proyecto Como un complemento a los análisis y estudios *in situ* y de laboratorio que se vienen realizando en forma efectiva y continua desde hace más de 2 décadas para la determinación de vedas por presencia de FANs, este anteproyecto propone:

Desarrollar nuevas herramientas para detectar satelitalmente las FANs y las condiciones oceanográficas propicias para que se produzcan en la región de los golfos norpatagónicos. Generar pronósticos operativos que permitan anticipar las floraciones nocivas, su potencial ubicación, tamaño y trayectoria.

Participación de Grupos de investigación e instituciones de CyT

Para abordar el problema de la alerta temprana de las FANs, es necesario un enfoque socio-ecosistémico regional basado en factores de riesgo o estrés. Estos problemas requieren, debido a su complejidad, alcanzar un nuevo nivel de comprensión y abordaje del tema. Hacen falta equipos de investigación inter- y transdisciplinarios y un compromiso significativo de recursos a largo plazo, suficiente para respaldar las prioridades regionales y nacionales e impulsar futuras decisiones de gestión costera. Cabe destacar la enorme importancia que representan los saberes locales y regionales, tanto técnicos como administrativos y los empíricos propios de quienes habitan los territorios y los conocen en función de su experiencia diaria (e.g., pescadores artesanales, operadores de avistaje de ballenas, entre otros).

Equipo preliminar

Nombre	Institución	Experiencia/Conocimientos	Estado
Silvia Inés Romero	SHN	Oceanografía Física y Oceanografía Satelital	Confirmado

Juan Emilio Sala	MINCyT-Pampa Azul/ CONICET	Sistemas socio-ecológicos costero-marinos	Confirmado
Laura Frulla, Carolina Tauro, Josefina Perés	CONAE/Pampa Azul- consejos asesores científico y tecnológico	Teledetección, sensores, misión SABIA-Mar, SAOCOM	Confirmado
Viviana Sastre y Norma Santinelli Dra. Noelia Uyua Leilén Gracia Villalobos	Laboratorio de fitoplancton, Instituto de Hidrobiología, FCN, UNPSJB, sede Trelew) CESIMAR, CONICET	Ficología, Marea Roja Plan de Monitoreo Chubut	Confirmado
Germán Marino, Diego Saban, Emiliano Crippa, Marisol Montenegro	Dirección de Salud Ambiental (Ministerio de Salud)	análisis de toxinas en moluscos, en el plan provincial de prevención	Confirmado
Sandra Torrusio	UNLP/AANCHOR	Teledetección/ficología	Confirmado
Mariano Tonini	IPATEC-CONICET	Modelado hidrodinámico de los golfos, seguimiento de partículas	Confirmado
Nora Montoya Ezequiel Cozzolino Guillermina Ruiz	INIDEP/Pampa Azul - Consejo Asesor Tecnológico	Marea Roja, teledetección	Confirmados
Ana Marino (Dir. Gral Gestion Ambiental) Paola Rivero, María José Esteves y Damian Miguelissi (profesionales de la DGGA)	Equipo técnico del Ministerio de Ambiente y Control del Desarrollo Sustentable (MAyCDS) de la Provincia del Chubut	Participación en el comité ejecutivo del <i>Plan Provincial para la Prevención y Control de Marea Roja</i> (PPPycMR). El MAyCDS participa en el Programa de muestreo y el de Comunicación y Difusión	Confirmado
Gabriela Williams, Juan Pablo Pisoni, Paula Bermejo. Mariano Coscarella, Valeria D'Agostino	CESIMAR, CONICET CESIMAR, CONICET	Teledetección satelital óptica, variables ópticas en muestras de agua (Clorofila-a) , oceanografía física y satelital y nutrientes. Dinámica poblacional de la ballena franca austral, ecología trófica y transferencia de ficotoxinas a través de las tramas tróficas pelágicas en los golfos	Confirmados Confirmados

RRHH adicionales: Para que este proyecto pueda realizarse de forma exitosa se requiere contar desde el inicio con al menos dos (2) expertos en informática para programación y gestión integral de los grandes

volúmenes de datos e información que serán recabados. Se requiere también la contratación de una de las investigadoras del grupo de Ficología, Marea Roja, para el Plan de Monitoreo Chubut.

DATOS TÉCNICOS Y METODOLÓGICOS DEL PROYECTO

Se combinarán varios sistemas de observación del océano, con un peso importante en la teledetección utilizando distintos sensores y satélites, datos meteorológicos de estaciones de observación del SMN (Pto. Madryn y Rawson); datos de campo recopilados por programas de monitoreo de FANs provinciales y de diferentes organismos de CyT nacionales y universidades nacionales, de proyectos de investigación ya en curso y futuros, de organismos no gubernamentales y de conservación como el ICB, etc.

A partir de los datos *in situ* disponibles a través de este proyecto se podrá contribuir a la caracterización de las aguas costeras y marinas para calibrar los sensores de la misión satelital **SABIA-Mar** (ver Anexo para mayor información) de la CONAE y asimismo validar los productos principales (como la estimación de clorofila, indicador de la presencia de microalgas/fitoplancton, y la materia total en suspensión, entre otros) que se generen a lo largo de su vida útil. Las variables bio-ópticas que generará SABIA-Mar son un gran aporte para estudios y sistemas de monitoreo regionales como el que plantea el presente proyecto.

En una primera etapa se desarrollará y pondrá en operatividad una plataforma interoperable de información satelital además de otras variables geospaciales provenientes de datos *in situ*. Se espera que el sitio cargue automáticamente con frecuencia diaria las imágenes de múltiples plataformas de descarga libre y gratuita, utilizar como variables iniciales las de color del mar (clorofila, material total en suspensión, materia orgánica coloreada disuelta, etc) y temperatura superficial del mar, provenientes de sensores tales como MODIS (Aqua/Terra), VIIRS (SNPP), Sentinel 3 y otros de acceso abierto todos montados sobre diferentes satélites. Ofrecer un **semáforo o barómetro** en el que, combinando estas variables y la interpretación experta, se asignen 3 ó 4 clases (Moderada-Abundante-Alta-Muy Alta) para caracterizar a la potencial floración nociva.

Una de las herramientas de gran potencialidad de los modelos hidrodinámicos es la utilización de los campos de velocidad 3-D para el cálculo de trayectorias de partículas. Esto permite entre otras cosas el estudio de potenciales movimientos de organismos como larvas, algas, y alimentos de una gran variedad de especies de la trama trófica. En la actualidad se cuenta con modelos hidrodinámicos operativos en la región (Tonini et al., 2013; Tonini y Palma, 2017, 2022) que pueden ser de gran utilidad para este tipo de herramienta. Esta información luego será sintetizada e interpretada por un experto del SHN (Servicios Oceanográficos Operacionales) para proporcionar la ubicación actual, futura y la evolución en intensidad de las floraciones.

El evento de FANs de septiembre/octubre 2022 (Figura 1) es el caso de estudio más anómalo de los últimos años en la región en términos de la mortandad masiva de ballenas adultas. Se detectaron altas concentraciones de fitoplancton tóxico y elevados niveles de toxicidad en bivalvos en las fechas cercanas a las muertes de las ballenas (p. ej., reportaje a Valeria D'Agostino, La izquierda, Diario). Este evento se utilizará como línea de base para el pronóstico satelital, ya que proveerá relaciones empíricas entre datos *in situ* y satelitales clave para pronósticos futuros. El desarrollo de hipótesis que expliquen la ocurrencia de eventos anómalos de FANs en la región, su frecuencia y tendencias asociadas al calentamiento global, junto con la posibilidad de contar con alertas tempranas de corto plazo, podrá reducir los impactos en el socio-ecosistema. Esto será posible mediante la participación de diferentes instituciones nacionales y provinciales con sus respectivos expertos, el enfoque multi e interdisciplinario y la integración de la información ya publicada y de reciente muestreo del evento 2022 como caso de estudio. El caso actual se utilizará también para comparar con eventos históricos previos dentro de la era satelital de color y temperatura superficial del mar.

Se establecerá capacidad de procesamiento rutinario y automatizado para productos satelitales derivados de sensores ópticos que miden el color del mar. Esta información se utiliza para estimar varios parámetros geofísicos, como el color del mar (color real RGB), la clorofila-a, la materia total en suspensión, el coeficiente de penetración de la luz y otras variables bio-ópticas. La cobertura de nubes y la cercanía a la costa son temas que se deben tener en cuenta a partir de algoritmos especiales de corrección atmosférica y criterios de eliminación o interpolado de datos faltantes. Las diferencias regionales en la reflectancia atmosférica deben tenerse en cuenta en las correcciones del espesor óptico de aerosoles AOT (Zhao et al., 2016), aunque en un principio se comenzará a trabajar en un único dominio regional, los GN y GSJ, con intención de extender la metodología a todo el Mar Argentino.

Se generarán productos y/o índices a partir de la reflectancia en distintas bandas, a estos productos se les referirá como nivel 3 (L3). La mayoría de ellos serán derivados de radiancias calibradas de nivel 1B obtenidos de las agencias espaciales NASA y ESA utilizando software como el SeaDAS de la NASA y SNAP de la ESA. Para producir productos geofísicos de nivel 3 se utilizarán diversos algoritmos, configuraciones, máscaras y banderas. También se hará uso de otras variables geofísicas satelitales como temperatura superficial del mar, precipitación, vientos y corrientes marinas, que se derivan de diferentes sensores satelitales como radiómetros infrarrojos, radares altímetros y dispersómetros/escaterómetros.

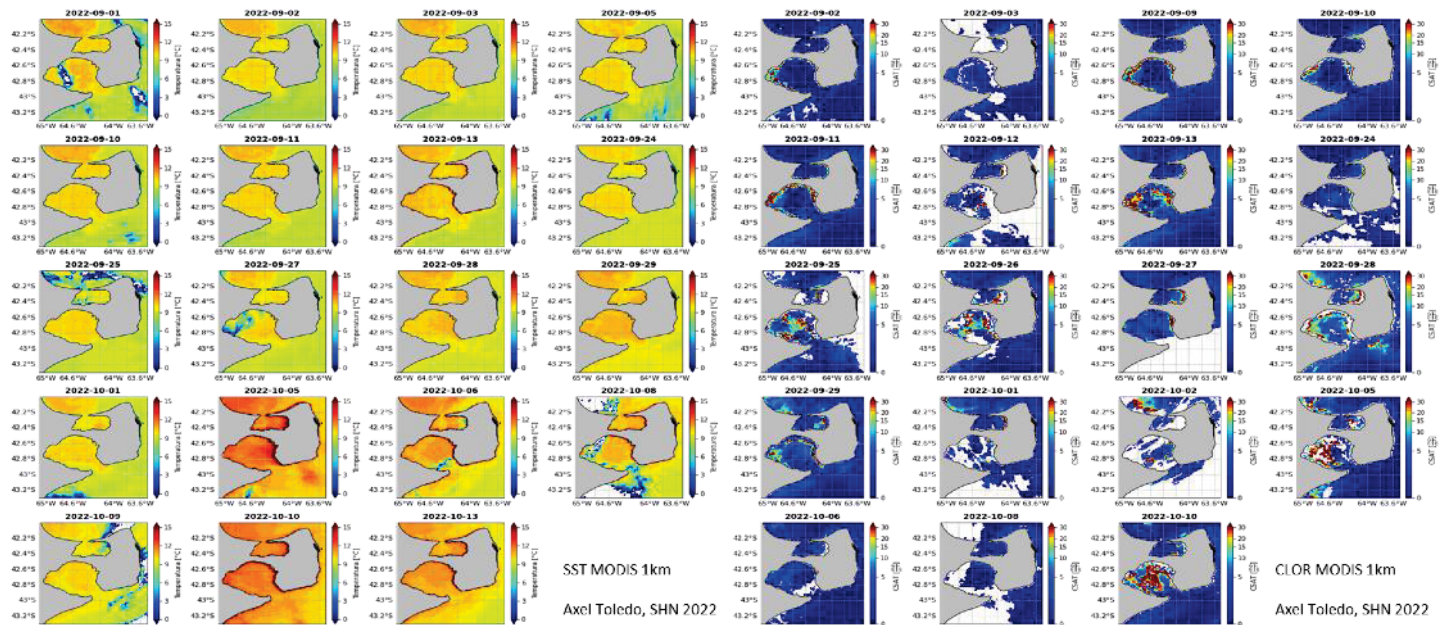


Figura 1. Se muestran subescenas de las pasadas diarias del sensor MODIS AQUA de resolución 1km, nivel 2 de procesamiento de NASA. Abarcan un dominio espacial que incluye al Golfo Nuevo y al Golfo San José. Puede verse que la secuencia de las imágenes diarias tiene faltantes sobre todo entre el 13 de septiembre y el 24, día en que apareció la primera ballena muerta en cercanías de Puerto Pirámides. En la semana del inicio de la estación de primavera, se suscitó una tormenta de varios días de duración en la que ocurrieron fuertes precipitaciones (chequear datos del SMN de Madryn, agregar imágenes de GOES, banda 13 IR y la presencia de una gran cantidad de buques pesqueros que se resguardaron en Golfo Nuevo, incluir imágenes de SAOCOM de detección de barcos, CONAE).

En particular, los datos provenientes de radares de apertura sintética (SAR por la sigla en inglés, de la misión SAOCOM de CONAE, ver Anexo, y de otras misiones internacionales) permiten monitorear la rugosidad de la superficie del mar. La inspección visual de imágenes SAR podrá complementar la información provista por otros sensores/satélites (clorofila, SST, etc) a partir de la detección, distribución espacial y frecuencia de procesos oceanográficos de surgencia costera, frentes oceánicos, ondas internas, celdas de tormenta, entre otros. Asimismo, pueden generarse mapas de intensidad de viento de alta

resolución. Estas imágenes SAR también permiten detectar la presencia y características de manchas oscuras (derrames de hidrocarburo y aceites biogénicos) y la presencia de barcos (posibles fuentes de emisión).

Volviendo a los datos satelitales de color, en particular el producto clorofila-a (CSAT) no necesariamente detecta floraciones algales de especies/géneros nocivos, aunque sí permite detectar floraciones muy anómalas por la excesiva e inusual cantidad de células por litro que pueden darse, en días despejados, estas imágenes pueden dar una excelente cuantificación de la extensión espacial, la intensidad y la duración de estos eventos FAN. Sin embargo, el muestreo de datos *in situ* de fitoplancton, taxonomía, conteo de células y medición de la toxicidad en bivalvos, micro y zooplancton como también en peces, mamíferos y aves es fundamental para poder interpretar toda la información y lograr pronósticos eficientes o ciertos.

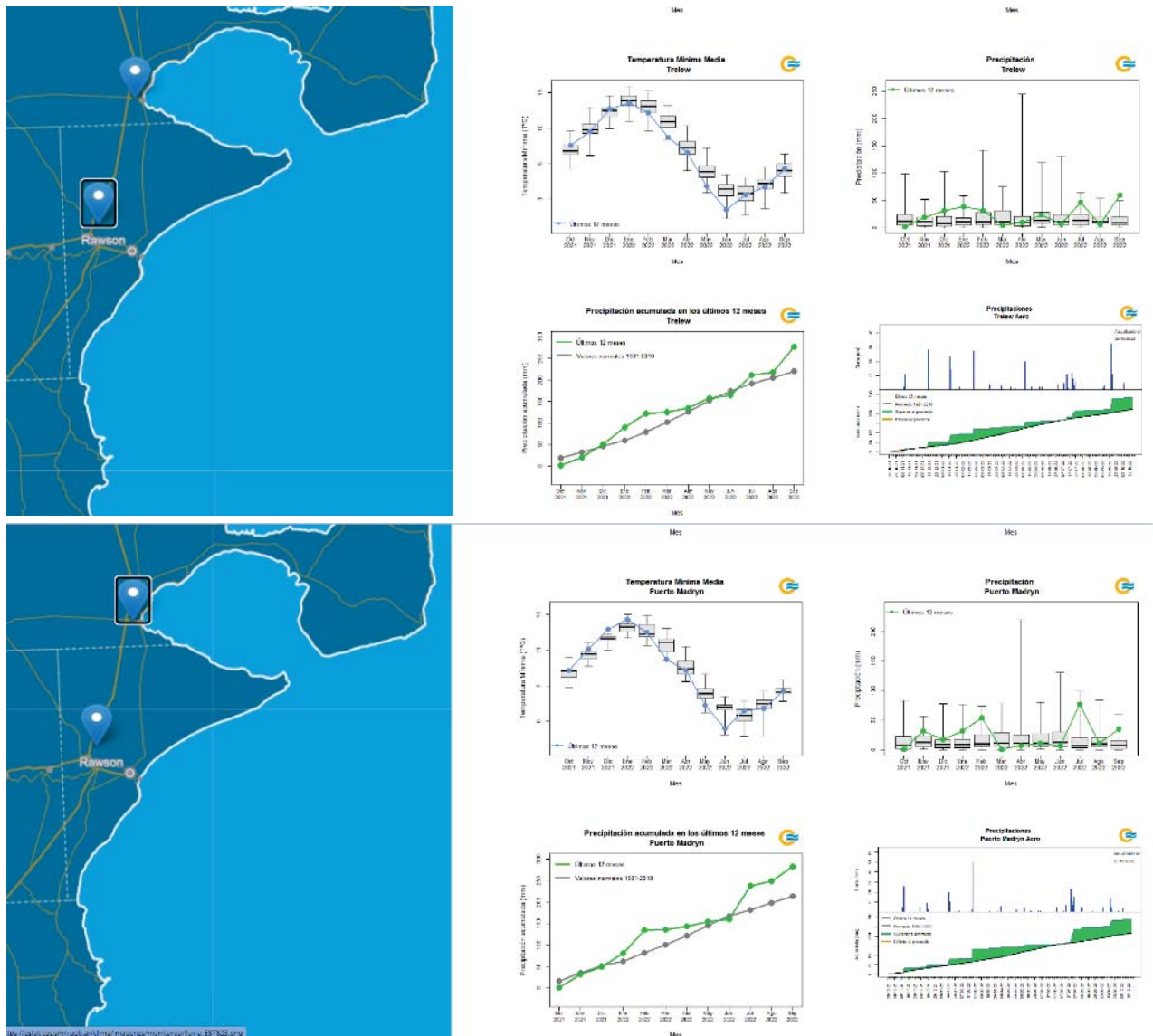


Figura 2. Se muestran datos del SMN para Puerto Madryn (paneles superiores, página anterior) y Rawson (paneles inferiores). Precipitaciones acumuladas al mes de septiembre del 2022 en los paneles del medio en ambos casos con líneas grises (valores normales 81-2010) y verdes (valores de los últimos 12 meses incluido el último septiembre) <https://www.smn.gov.ar/clima/vigilancia>

Para el caso de la temperatura superficial del mar en la región, se cuenta además con una serie de tiempo de 10 años (desde 2010) de temperatura en el Muelle Luis Piedra Buena de la ciudad de Puerto Madryn.

Uno de los mecanismos propuestos para floraciones tóxicas en Golfo Nuevo fue el de vientos del SO con intensidades mayores que 20 km/h que provocaron eventos de micro surgencias de aguas frías de aprox. 15 °C, ricas en nutrientes, Esteves et al (1992).

TAREAS A DESARROLLAR:

Las mediciones *in situ* de fitoplancton en zonas de frecuente muestreo para FANs se realizan en forma sistemática desde el plan de monitoreo para vedas. En ese marco, se llevarán a cabo mediciones extra con fluorómetros, radiómetros y CTDs montados con sensores de oxígeno.

Las mediciones de nutrientes, ácidos domoico y okadaico en organismos bioacumuladores como caracoles, mejillones y vieiras, se vienen realizando. Se planea integrar toda la información disponible del evento 2022 para estudiar satelitalmente las condiciones previas, durante el evento y posteriores y así encaminar el pronóstico a futuro alimentando la plataforma inicialmente con datos satelitales de temperatura y clorofila.

Se espera llevar adelante campañas de medición cortas, con recolección de variables biogeoquímicas y físicas en distintos sitios de los GN y GSJ. Periodo del año: Meses de septiembre/octubre, con muestreos al principio, a mitad y al final de la temporada de aparición frecuente de las FANs. Cabe aclarar que Puerto Madryn será un nodo de la Red de Observación Marina - Argentina (ROMA- Resol. 2019-3054) en la cual se coleccionarán series de tiempo de datos ambientales (series autónomas con equipamiento para medir en alta frecuencia en la costa y en el mar) y ecológicos (perfiles a realizar en baja frecuencia).

El área seleccionada para iniciar la integración de la información multidisciplinaria abarca a los Golfos Nuevo y San José (a extender a los Golfos San Matías y San Jorge) vinculada a la región de mortandad masiva de ballenas en 2022 (Golfo Nuevo) y a eventos históricos que serán evaluados en comparación con el presente (2005, 2012, 2013, 2015, etc).

Al momento de escribir este documento se hace público el último informe del ICB (20/10) que indica que se sostiene la hipótesis de la muerte por transferencia trófica de ficotoxinas producidas por diatomeas del género *Pseudo-nitzschia* (ácido domoico) y *Alexandrium* (dinoflagelado productor de toxinas paralizantes de moluscos) a las ballenas en su mayoría adultas que estaban amamantando en el Golfo Nuevo, no hay evidencias de aparición de ballenas muertas en el Golfo San José. A través del seguimiento satelital de ballenas individualizadas (siguiendoballenas.org) se conoce que ingresan al Golfo San José a través de determinados caminos y tiempos de recorrido. En estos datos disponibles online, se informa que 10 de 16 ballenas monitoreadas en el Golfo Nuevo son hembras con cría. En el Golfo San José, solo ingresaron desde el norte del Golfo San Matías 4 ballenas, todas con sexo indeterminado, 3 adultas y 1 juvenil, sin crías. La única adulta con cría (Aguamarina) que salió del norte del San Matías viajó hacia el talud. Si el impacto de las muertes fue mayor entre las adultas con crías, tal como lo indica el informe del ICB, esto podría explicar por qué no aparecieron evidencias de muertes en el San José. Ya que las algas nocivas estuvieron presentes también allí, con unidades ratón que duplicaron los valores del Golfo Nuevo. Sabemos que la conexión de partículas del Golfo Nuevo y Golfos San José es bastante baja según lo que indica el modelo en Tonini and Palma 2022.

ENTREGABLES o PRODUCTOS ESPERADOS

Plataforma/geoportal interoperable (acorde a formatos standards IDE) para los golfos Norpatagónicos destinada a la visualización continua de productos satelitales diarios (en una primera etapa) de clorofila y temperatura superficial del mar y (evolucionando con un número creciente) series de tiempo puntuales

de otras variables del ecosistema de medición *in situ* que se realizan por el continuo monitoreo de FANs y otros proyectos.

Semáforo o barómetro en el que, combinando estas variables y la interpretación experta, se asignen 3 ó 4 clases (Moderada-Abundante-Alta-Muy Alta) para caracterizar a la potencial floración nociva. (ver Anexo al final del documento para referencia)

PROYECTO A REALIZARSE EN UN PERÍODO DE 24 MESES INICIANDO EL 15 DE ABRIL DE 2023

FINANCIAMIENTO:

Ejemplo de financiamiento de proyectos similares en otros países:

Programa de algas nocivas de la NOAA, proyectos bianuales de 125.000 hasta 250.000 dólares por año por proyecto.

<https://www.grants.gov/web/grants/view-opportunity.html?oppld=343841>

Financiamiento requerido para este proyecto:

Moneda: AR pesos, Importe: **\$ \$ 31.342.032,75**

Equipamiento, insumos y RRHH pagos que se solicitan:

-Mínimo de 2 RRHH informáticos para el desarrollo y puesta en operatividad de la plataforma interoperable de información satelital y otras fuentes geoespaciales y 1 RRHH para Instituto de Hidrobiología

-Computadoras para correr modelos y para procesar y ver con detalle las imágenes (i.e., monitores amplios con buenas placas de video)

-CTD RBR*Maestro* con sensores auxiliares de fluorescencia, turbidez, PAR (Photosynthetic Active Radiation) y oxígeno disuelto. Reactivos, filtros e insumos necesarios para las mediciones mencionadas más arriba.

-Fluorómetro de laboratorio. Importante poder adquirir un microscopio de epifluorescencia para identificación de dinoflagelados. Una sonda multiparamétrica e insumos para análisis de toxinas.

-Complementar información de avisos de la red ciudadana, relevamientos terrestres, marítimos y aéreos en salidas de oportunidad por e.g., vuelos y salidas de avistaje de toninas, ballenas, etc.

Detalle de la solicitud de Financiamiento

Tipo de cambio tomado (1 USD = 171,75 ARS al 27/11/22), el monto final deberá ser actualizado al valor del cambio de la fecha correspondiente al desembolso ya que todos los montos están originalmente en dólares

Rubro	Concepto	Monto Solicitado desglosado	Totales \$ argentinos TC 171,75	Totales USD
Recursos Humanos				
2 profesionales técnicos/as informáticos /as 1 biólogo/a	40 hs semanales (8hs/ día) (x3 pers x 12 meses)	\$150.000\$ / mes / pers	\$5.400.000,00	USD31.441,05
Reuniones presenciales trimestrales Gastos de traslados, viáticos, combustible y peajes de 3 ó 4 personas como máximo	(4 % del presup. total previamente estimado en 30 millones)	\$1.200.000.-	\$1.200.000,00	USD6.986,90
Equipamiento				
1 microscopio de epifluorescencia	Marca Numak, 00091743 Zelian	\$985.200.-	\$985.200,00	USD5.736,24
1 fluorómetro	Turner Designs AAAQ16234, incluye envío, despachante, impuesto interno	\$2.988.450.-	\$2.988.450,00	USD17.400,00
1 sonda Medidor multiparamétrico	AQUACOMBO HM3070 (Oxímetro, Conductímetro, pH y Temperatura) incluye IVA	\$219.100.-	\$219.100,00	USD1.275,69
2 computadoras de escritorio completas (rápidas, con buena placa de video y 2 monitores para cada una)		\$250.000.-	\$500.000,00	USD2.911,21
2 CTD con sensores auxiliares de fluorescencia, turbidez, oxígeno disuelto y PAR	incluye envío, despachante, impuesto interno	\$6.703.402,50\$.-	\$13.406.805,00	USD78.060,00
1 dron hyperespectral para monitoreo ambiental y costero (ver Anexo 2)	estimación con dron tipo agrícola en ARG	\$4.250.000 \$.-	\$4.250.000,00	USD24.745,27
10 Salidas de campo	salidas de 6Hs. que incluyen canon de camioneta y embarcación combustible y viáticos. Período cálido (agosto 2023-abril 2024)	\$70.000	\$700.000,00	USD4.075,69
			IF-2023-62680912-APN-DNAEII#MCT	

Insumos				
Reactivos para determinación de toxinas paralizantes, diarreicas y amnésicas por bioensayos y HPLC	Acetonitrilo Calidad HPLC Metanol Calidad HPLC Ácido Clorhídrico 36.5-38% PA Acetona PA Éter Etilico/Sulfúrico PA		\$200.000,00	USD1.164,48
Subtotal			\$29.849.555	USD 173.796,54
Gastos de administración UVT			\$ \$ 1.492.477,75	USD8.689,83
Monto Total			\$31.342.032,75	USD182.486,36

REFERENCIAS

Broadwater, M.H., Van Dolah, F.M., Fire, S.E., 2018. Vulnerabilities of marine mammals to harmful algal blooms. Shumway, S.E., Burkholder, J.M., Morton, S.L. (Eds.), Harmful Algal Blooms, John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK (2018), pp. 191-222

Buckmaster, P.S., X. Wen, I. Toyoda, F. Gulland, W. Van Bonn. 2014. Hippocampal neuropathology of domoic acid-induced epilepsy in California sea lions (*Zalophus californianus*). Journal of Comparative Neurology 522(7), 1691-1706.

Carreto, J.I., M.L. Lasta, R.M. Negri, H.R. Benavides. 1981. Los fenómenos de marea roja y toxicidad de moluscos bivalvos en el Mar Argentino. Contribución INIDEP (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero), N° 399, Mar del Plata pp. 55.

Coordinación Operativa de RENAPRA. Marea Roja. Enfermedades transmitidas por alimentos. Ficha Técnica Nro.1, ANMAT. (sin año de publicación)

Crespo, E. A., Pedraza, S. N., Dans, S. L., Svendsen, G. M., Degradi, M., & Coscarella, M. A. (2019). The southwestern Atlantic southern right whale, *Eubalaena australis*, population is growing but at a decelerated rate. Marine Mammal Science, 35(1), 93-107.

D'Agostino, V.C., Hoffmeyer, M.S., Almandoz, G.O., Sastre, V., Degradi, M., 2015. Potentially toxic Pseudo-nitzschia species in plankton and fecal samples of *Eubalaena australis* from Península Valdés calving ground, Argentina. Journal of Sea Research, 106, 39-43.

D'Agostino, V.C., Hoffmeyer, M.S., Degradi, M., 2016. Faecal analysis of southern right whales (*Eubalaena australis*) in Península Valdés calving ground, Argentina: *Calanus australis*, a key prey species. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 96(04), 859-868.

D'Agostino, V.C., Degradi, M., Sastre, V., Santinelli, N., Krock, B., Krohn T., et al., 2017. Domoic acid in a marine pelagic food web: Exposure of southern right whales *Eubalaena australis* to domoic acid on the Península Valdés calving ground, Argentina. Harmful algae 68, 248-257.

D'Agostino, V.C., Degradi, M., Santinelli, N., Sastre, V., Dans, S.L., Hoffmeyer, M.S., 2018. The seasonal dynamics of plankton communities relative to the foraging of the southern right whale (*Eubalaena australis*) in northern Patagonian gulfs, Península Valdés, Argentina. Continental Shelf Research 164,45-57.

D'Agostino, V.C., Krock, B., Degradi, M., Sastre, V., Santinelli, N., Krohn, T., Hoffmeyer, M.S. 2019. Occurrence of toxigenic microalgal species and phycotoxin accumulation in mesozooplankton in Northern

Patagonian Gulfs, Argentina. *Environmental toxicology and chemistry* 38(10), 2209-2223.

D'Agostino, V.C., Fernández Ajó, A.A., Degradi, M., Krock, B., Hunt, K.E. Uhart, M.M., Buck, C.L., 2021. Potential endocrine correlation with exposure to domoic acid in Southern Right Whale (*Eubalaena australis*) at the Península Valdés breeding ground. *Oecologia* <https://doi.org/10.1007/s00442-021-05078-4>.

De La Riva, G.T., C.K. Johnson, F.M. Gulland, G.W. Langlois, J.E. Heyning, T.K. Rowles, et al. 2009. Association of an unusual marine mammal mortality event with *Pseudo-nitzschia* spp. blooms along the southern California coastline. *Journal of Wildlife Diseases* 45(1), 109-121.

Esteves, J. L., Santinelli, N., Sastre, V., Díaz, R., & Rivas, O. (1992). A toxic dinoflagellate bloom and PSP production associated with upwelling in Golfo Nuevo, Patagonia, Argentina. *Hydrobiologia*, 242(2), 115-122.

Fire, S.E., Z. Wang, M. Berman, G.W. Langlois, S.L. Morton, E. Sekula-Wood, et al. 2010. Trophic transfer of the harmful algal toxin domoic acid as a cause of death in a minke whale (*Balaenoptera acutorostrata*) stranding in southern California. *Aquatic Mammals* 36(4), 342-350.

Gayoso, A.M., V.K. Fulco. 2006. Occurrence patterns of *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech populations in the Golfo Nuevo (Patagonia, Argentina), with observations on ventral pore occurrence in natural and cultured cells. *Harmful Algae* 5(3), 233-241.

GlobalHAB. 2021. Guidelines for the Study of Climate Change Effects on HABs. Paris, UNESCO-IOC/SCOR. M. Wells et al. (eds.) (IOC Manuals and Guides no 88). Editorial Board: Wells, M.L., Burford, M., Kremp, A., Montresor, M. and Pitcher, G.C

Gobler, C.J.; Doherty, O.M.; Hattenrath-Lehmann, T.K.; Griffith, A.W.; Kang, Y.; Litaker, R.W. Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2017, 114, 4975 – 4980.

Gracia Villalobos, L., 2017. Evaluación de las Floraciones Algales Nocivas en las costas de la provincia del Chubut y su impacto en las pesquerías de moluscos bivalvos. Tesis doctoral, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina, pp. 218.

Gracia Villalobos, L., Santinelli, N., Sastre, V., Krock, B., Esteves, J.L., 2015. Dinophysis species associated with diarrhetic shellfish poisoning episodes in North Patagonian gulfs (Chubut, Argentina). *J. Shellfish Res.* 34, 1141–1149.

Gracia Villalobos, L., Santinelli, N.H., Sastre, A.V., Marino, G., Almandoz, G.O., 2019. Spatio-temporal distribution of paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins in shellfish from Argentine Patagonian coast. *Heliyon* 5 (6), 1-9

Häussermann V, Gutstein CS, Bedington M, Cassis D, Olavarria C, Dale AC, Valenzuela-Toro AM, Perez-Alvarez MJ, Sepúlveda HH, McConnell KM, Horwitz FE, Försterra G. 2017. Largest baleen whale mass mortality during strong El Niño event is likely related to harmful toxic algal bloom. *PeerJ* 5:e3123 <https://doi.org/10.7717/peerj.3123>

Hoffmeyer, M. S., Dutto, M. S., Berasategui, A. A., Garcia, M. D., Pettigrosso, R. E., Almandoz, G. O., ... & Krock, B. (2020). DOMOIC acid, *Pseudo-nitzschia* spp and potential vectors at the base of the pelagic food web over the northern Patagonian coast, Southwestern Atlantic. *Journal of Marine Systems*, 212, 103448.

Jochens, A.E.; Malone, T.C.; Stumpf, R.P.; Hickey, B.M.; Carter, M.; Morrison, R.; Dyble, J.; Jones, B.; Trainer, V.L. Integrated Ocean Observing System in Support of Forecasting Harmful Algal Blooms. *Mar. Technol. Soc. J.* 2010, 44, 99–121.

Kislik C, Dronova I, Kelly M. UAVs in Support of Algal Bloom Research: A Review of Current Applications and Future Opportunities. *Drones*. 2018; 2(4):35. <https://doi.org/10.3390/drones2040035>

Lefebvre, K.A., Quakenbush, L., Frame, E., Huntington, K.B., Sheffield, G., Stimmelmayer, R., Bryan, A., Kendrick, P., Ziel, H., Goldstein, T. and Snyder, J.A., 2016. Prevalence of algal toxins in Alaskan marine mammals foraging in a changing arctic and subarctic environment. *Harmful Algae*, 55, 13-24.

Montoya, N. G., Carignan, M. O., & Mattera, M. B. (2020). Toxinas Algales en el Mar Argentino: nuevos hallazgos, nuevos desafíos. *Acta toxicológica argentina*, 28(3), 21-30.

Mons, M. P., H.P. van Egmond, G.J.A. Speijers. 1998. Paralytic shellfish poisoning; A review. RIVM Report 388802005.

Perl, T.M., L. Bédard, T. Kosatsky, J.C. Hockin, E.C. Todd, R.S. Remis. 1990. An outbreak of toxic encephalopathy caused by eating mussels contaminated with domoic acid. *New England Journal of Medicine* 322(25), 1775-1780.

Ramírez, Fernando J., Valeria A. Guinder, Carola Ferronato, and Bernd Krock. "Increase in records of toxic phytoplankton and associated toxins in water samples in the Patagonian Shelf (Argentina) over 40 years of field surveys." *Harmful Algae* 118 (2022): 102317.

Santinelli, N., Sastre, V. y J.L Esteves (2002) CAPITULO 8: EPISODIOS DE ALGAS NOCIVAS EN LA PATAGONIA. En *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano* (No. 589.3098 S2). Instituto Española de Oceanografía.

Sar, E. A., Ferrario, M. E., & Reguera, B. (2002). *Floraciones algales nocivas en el Cono Sur Americano* (No. 589.3098 S2). Instituto Española de Oceanografía.

Sastre, A. V., Santinelli, N. H., Solís, M. E., Pérez, L. B., Ovejero, S. D., Villalobos, L. G., ... & D'Agostino, V. C. (2018). Harmful marine microalgae in coastal waters of Chubut (Patagonia, Argentina). In *Plankton Ecology of the Southwestern Atlantic* (pp. 495-515). Springer, Cham.

Sastre, Alicia Viviana; Santinelli, Norma Herminia; Bauer, Gabriel A.; Ayesterán, M. Gabriel; Uyua, Noelia Mariel (Regional Euro-Asian Biological Invasions Centre, 2013-01)

Tonini, M.H., E. D. Palma, J. P. Pisoni., 2022. Modeling the seasonal circulation and connectivity in the North Patagonian Gulfs, Argentina. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 271, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.107868>.

Tonini, M.H., Palma, E.D., 2017. Tidal dynamics on the north Patagonian Argentinean Gulfs. *Estuar. Coast Shelf Sci.* 65, 97–110.

Tonini, M.H., Palma, E.D., Piola, A.R., 2013. A numerical study of gyres, thermal fronts and seasonal circulation in Austral semi-enclosed Gulfs. *Continent. Shelf Res.* 65, 97–110.

Wells, M. L., Trainer, V. L., Smayda, T. J., Karlson, B. S. O., Trick, C. G., Kudela, R. M., Ishikawa, A., Bernard, S., Wulff, A., Anderson, D. M., & Cochlan, W. P. (2015). Harmful algal blooms and climate change: Learning from the past and present to forecast the future. *Harmful Algae*, 49, 68–93. <https://doi.org/10.1016/j.hal.2015.07.009>

Wilson, C., Sastre, A. V., Hoffmeyer, M., Rowntree, V. J., Fire, S. E., Santinelli, N. H., ... & Uhart, M. M. (2016). Southern right whale (*Eubalaena australis*) calf mortality at Península Valdés, Argentina: Are harmful algal blooms to blame?. *Marine Mammal Science*, 32(2), 423-451.

Wynne, T.T., A. Meredith, T. Briggs and W. Litaker. 2018. Harmful Algal Bloom Forecasting Branch Ocean Color Satellite Imagery Processing Guidelines. NOAA Technical Memorandum NOS NCCOS 296 48 pp. DOI: 10.25923/606t-m243

Referencias a Enlaces en la Web

- Distribution World HAB, IOC-UNESCO Harmful Algae Information System, <https://habs.dnabi.mct.gov.ar/>

unesco.org/

- Hoja informativa sobre Floraciones Algales Nocivas, Hosted by UNESCO/IOC Project Office for IODE Oostende, Belgium © 2021, <https://hab.ioc-unesco.org/what-are-harmful-algae/>
- Recopilación de [las observaciones de los ciudadanos](#) (Red Ciudadana Voluntaria, avistajes de varamientos de ballenas, avistajes de mortandad en aves y mamíferos marinos?)
- Proyecto Siguiendo Ballenas, geo localización en el mar de individuos que están moviéndose. <https://siguiendoballenas.org/>
- Fuentes de datos de UN-SPIDER, united Nations, HABs, <https://www.un-spider.org/es/enlaces-y-recursos/fuentes-de-datos/daotm-floraciones-algas-nocivas#working%20groups>
- Reportajes y artículos periodísticos
<https://www.laizquierdadiario.com/D-Agostino-la-hipotesis-mas-robusta-que-estamos-investigando-es-la-exposicion-a-toxinas-del>
<https://www.youtube.com/watch?v=R4uSfEVPzvE>
- CTD con sensores del tipo <https://rbr-global.com/products/standard-loggers/rbrmaestro/>

Continúa Anexo 1 con información de misiones de CONAE, SABIAMAR y SAOCOM.

ANEXO 1

NOTA: En la época de elaboración de este documento (nov 2022) se lleva a cabo una reunión de la comunidad de SABIA-Mar con uno de los propósitos de identificar y promover colaboraciones para el intercambio de datos de campo para validación, para el mantenimiento de los instrumentos instalados in-situ y para campañas de campo, y la búsqueda de productos de valor agregado para aplicaciones oceanográficas regionales en el Atlántico Sur. Ver sitio web de CONAE

Misión SABIA-Mar-CONAE

La Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) está desarrollando actualmente la misión satelital SABIA-Mar, en el marco del Plan Espacial Nacional.

Esta misión prevé la construcción y puesta en órbita del Satélite de Aplicaciones Basadas en la Información Ambiental del Mar orientado principalmente al estudio del color del mar. SABIA-Mar, cuyo lanzamiento y puesta en órbita está previsto para el año 2024, brindará información global de 800m de resolución espacial e información de las costas de Argentina y Sudamérica a resolución de 200 m.

El objetivo principal de la misión SABIA-Mar es proveer información y productos para el estudio de los ecosistemas marinos, el ciclo del carbono, la dinámica costera y los hábitats marinos.

Además de la radiancia emergente de la superficie del océano, SABIA-Mar generará una serie de productos de interés para la comunidad científica: concentración de clorofila-a, radiación fotosintéticamente disponible PAR, coeficiente de atenuación difusa en 490 nm , y turbidez. Para ello, SABIA-Mar contará con sensores que miden en una serie de bandas espectrales en los rangos visible, infrarrojo cercano e infrarrojo de onda corta.

Misión SAOCOM-CONAE

Los radares de Apertura Sintética (SAR) con sensores en distintas regiones del espectro electromagnético, montados en diferentes satélites como SAOCOM (banda L), Sentinel-1 (banda C) y Cosmo Sky-Med (banda X) operan en el rango de las microondas, permiten obtener información de la superficie en condiciones de poca o nula luminosidad y aún ante la presencia de nubes. La información provista por estos sensores tiene potencialidad para complementar los estudios, monitoreo y alertas de marea roja. CONAE aportará también con estas imágenes al proyecto.

Continúa Anexo 2 con información que no estará incluida en el documento.

ANEXO 2 que no estará en la propuesta.

SITIOS WEB QUE DEBERÍAMOS TENER EN ARGENTINA FUNCIONANDO..

generar una capa en su plataforma con esta información recopilada de publicaciones.

- Datos de distribución de *Alexandrium* y *Pseudo-nitzschia* en aguas argentinas (existe esta información a nivel nacional como sitio web consultable?) de no existir el proyecto debería
- Propuesta de estrategia nacional de FAN ? (Existe el plan de monitoreo de la provincia de Chubut coordinado por varios ministerios Pesca, Salud, Producción, Turismo y Áreas protegidas, Ambiente existe a nivel nacional? IGN, prefectura, PNA?)

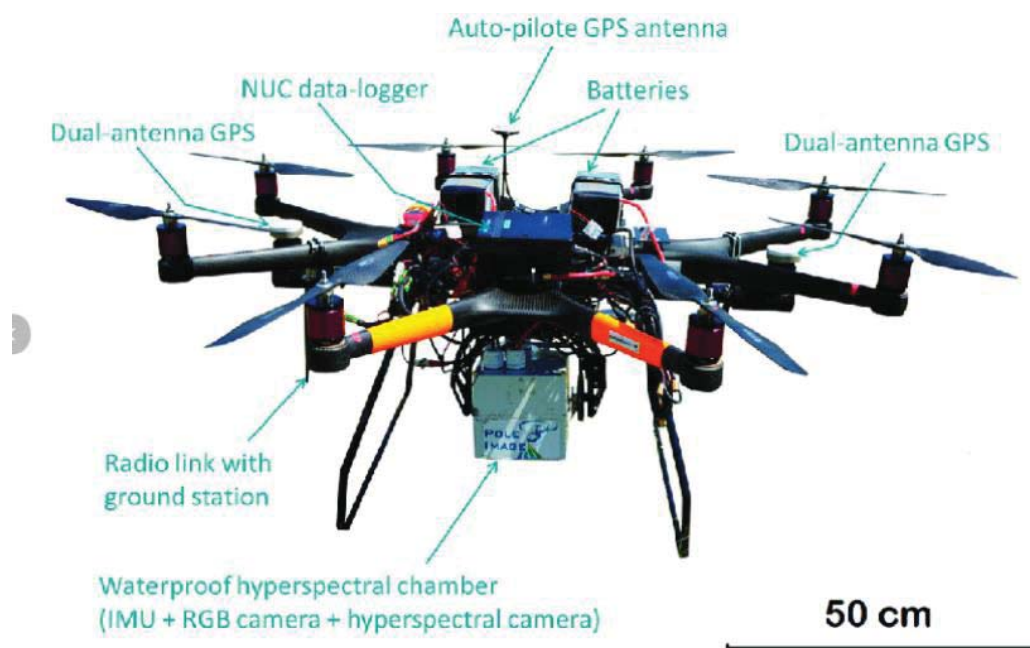
Se planea hacer un barómetro de clorofila satelital con 4 clases de FANs de acuerdo a la clorofila.

Moderada-Abundante-Alta-Muy Alta

Ver ejemplo de <https://www.jarviwiki.fi/wiki/Sinilev%C3%A4barometri>

¿Qué es un barómetro de cianobacterias o algas verdeazuladas?

El barómetro de algas verdeazuladas describe el desarrollo de la situación de las algas verdeazuladas semanalmente. Las barras indican el número relativo de observaciones de algas verdeazuladas, ponderado por la abundancia de las algas. El fondo muestra la cantidad relativa promedio de algas verdeazuladas de años anteriores de monitoreo de algas (1998->). Una columna más alta que el fondo significa que en esa semana se han observado algas verdeazuladas en mayor abundancia que el promedio a largo plazo. Los promedios de otoño a largo plazo de la semana 36 son solo indicativos, ya que se basan en material de observación limitado.



Hyper-DRELIO (Hyperspectral DRone for Environmental and Littoral Observations) platform, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyperspectral imagery. NUC: Next Unit of Computing; IMU: Inertial Motion Unit; GPS: Global Positioning System.

IF-2023-62680912-APN-DNAEII#MCT

Drones montados con sensores ópticos hiperspectrales y cámaras infrarrojas. Se considera en el presupuesto la compra de un dron de uso en agricultura, más simple que el del ejemplo.

Es importante tener en cuenta los intensos vientos de la Patagonia, para verificar el rango de intensidades del viento en las que pueden utilizarse estos equipos.



República Argentina - Poder Ejecutivo Nacional
1983/2023 - 40 AÑOS DE DEMOCRACIA

Hoja Adicional de Firmas
Informe gráfico

Número: IF-2023-62680912-APN-DNAEII#MCT

CIUDAD DE BUENOS AIRES

Jueves 1 de Junio de 2023

Referencia: PROYECTO - “Detección y pronóstico de floraciones algales nocivas (FANs) en la región de los golfos Norpatagónicos” - PROMAR

El documento fue importado por el sistema GEDO con un total de 17 pagina/s.

Digitally signed by Gestion Documental Electronica
Date: 2023.06.01 12:43:51 -03:00

MARIEL NAVARRO
Técnica Profesional
Dirección Nacional de Articulación e Integración Institucional
Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

Digitally signed by Gestion Documental
Electronica
Date: 2023.06.01 12:43:52 -03:00