

## DATOS GENERALES

### DATOS DEL PROYECTO

#### Título en español

Impactos del cambio global sobre los ecosistemas antárticos: los pingüinos pygoscélicos como centinelas del Océano Austral

#### Título en inglés

Impacts of global change on Antarctic ecosystems: penguins as sentinels of the Southern Ocean.

**Palabras clave en español:** areas marinas protegidas, manejo ecosistémico, cambio climático

**Palabras clave en inglés:** marine protected areas, ecosystem-based management, climate change

**Duración de la propuesta:** 36 Meses

**Departamentos donde se desarrollará:** Maldonado

**Indicar en qué comité técnico de área desea ser evaluado:** Ciencias Biológicas y de la Tierra

#### Presupuesto

ANII	Otros aportes	Total
UYU 1.299.210,00	UYU 0,00	UYU 1.299.210,00

## RESUMEN PUBLICABLE

#### Resumen en español

El objetivo del proyecto es evaluar el impacto relativo de distintos componentes del cambio global sobre los recursos vivos del Océano Austral, utilizando a los pingüinos como centinelas del ecosistema marino, y contribuir al diseño, monitoreo y evaluación de medidas de conservación orientadas a asegurar la explotación sustentable de los recursos marinos vivos en el entorno de la Península Antártica. El proyecto busca integrar información local (con sitios de muestreo en tres localidades en la Antártida Occidental y uno

en la Antártida Oriental) para comprender procesos a escala regional y continental, y elaborar recomendaciones para la gestión de recursos marinos a esas tres escalas. Para esto se van a analizar las respuestas a nivel poblacional (e.g., éxito reproductivo) y de fitness individual (e.g., indicadores de estado fisiológico) de la exposición de los pingüinos Adelia y Papúa a diferentes condiciones ambientales y presiones humanas. Específicamente, condiciones contrastantes en términos del impacto de a) el cambio climático, la pesca de krill y otras actividades humanas en el entorno de colonias en regiones contrastantes de la antártida, y b) las actividades humanas en el verano 2020/2021, con una reducción excepcional de las actividades humanas en la Antártida como consecuencia de la pandemia de COVID-19. Finalmente, se espera contribuir al diseño, monitoreo y evaluación de medidas de conservación de la Convención sobre la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), identificando las áreas utilizadas fuera de la época reproductiva por los pingüinos Adelia, las áreas de forrajeo de pingüinos Adelia y Papúa durante la época reproductiva en el norte de la Península Antártica, y posibles interacciones con las zonas pesca de krill. Se espera que esta información contribuya a diseñar medidas de gestión más efectivas del Océano Austral, entre otras, el diseño, monitoreo y evaluación de Áreas Marinas Protegidas.

### Resumen en inglés

The aim of the project is to assess the relative impact of different components of global change on the living resources of the Southern Ocean, using penguins as sentinels of the marine ecosystem, and to contribute to the design, monitoring and evaluation of conservation measures aimed at ensuring the sustainable exploitation of living marine resources in the Antarctic Peninsula environment. The project aims to integrate local information (with sampling sites at three locations in West Antarctica and one in East Antarctica) to understand processes at regional and continental scales, and to develop recommendations for marine resource management at these three scales. This will involve analyzing population-level responses (e.g., reproductive success) and individual fitness (e.g., indicators of physiological state) of Adélie and Gentoo penguins' exposure to different environmental conditions and human pressures. Specifically, contrasting conditions in terms of the impact of a) climate change, krill fishing and other human activities in the surrounding of colonies in contrasting regions of Antarctica, and b) human activities in summer 2020/2021, with an exceptional reduction of human activities in Antarctica as a consequence of the COVID-19 pandemic. Finally, it is expected to contribute to the design, monitoring and evaluation of conservation measures of the Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR), by identifying areas used

outside the breeding season by Adélie penguins, foraging areas of Adélie and Gentoo penguins during the breeding season in the northern Antarctic Peninsula, and possible interactions with krill fishing grounds. We expect that this information will contribute to the design of more effective management measures for the Southern Ocean, including the design, monitoring and evaluation of Marine Protected Areas.

## ÁREAS

**Área de conocimiento:** Ciencias Naturales y Exactas

**Subárea de conocimiento:** Ciencias de la Tierra y relacionadas con el Medio Ambiente

**Disciplina:** Ciencias Medioambientales (los aspectos sociales van en "Geografía Económica y Social")

**Especialidad:** Ecología y gestión ambiental

**Sector/Núcleo de problemas y oportunidades:** Medio Ambiente y Servicios ambientales

**Áreas tecnológicas a priorizar:** Otra

**Especifique el área:** No aplica

## ORGANIZACIONES PARTICIPANTES

**Institución proponente:** Universidad de la República / Centro Universitario Regional del Este / Departamento de Ecología y Gestion Ambiental

**Sector:** Sector Educación Superior/Público

**Departamento:** Maldonado

**País:** Uruguay

**Ciudad:** Maldonado

---

**Dirección:** Tacuarembó entre Bvar. Artigas y Av. Aparicio Saravia.

**Teléfono:** 42255326

**Email:** secretaria@cure.edu.uy

**Web:** <http://www.cure.edu.uy/>

---

**Otras instituciones participantes:** Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC)

**País:** España

**Ciudad:** Madrid

**Dirección:** C/ JOSÉ GUTIÉRREZ ABASCAL, 2

**Teléfono:** +3491 411 13 28

**Email:** direccion.mncn@csic.es

**Web:** <https://www.mncn.csic.es/es>

---

**Otras instituciones participantes:** Instituto Antártico Argentino (DNA)

**País:** Argentina

**Ciudad:** Buenos Aires

**Dirección:** Av. 25 de Mayo 1143

**Teléfono:** +54 11 2033-1420

**Email:** diriaa@dna.gov.ar

**Web:** <https://www.cancilleria.gob.ar/es/iniciativas/dna/instituto-antartico-argentino>

---

**Otras instituciones participantes:** Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CNRS/La  
Rochelle Université)

---

**País:** Francia**Ciudad:** Villiers-en-Bois**Dirección:** 405 Route de Prissé la Charrière**Teléfono:** +33 (0)5 49 09 61 11**Email:** directeur.chize@cebc.cnrs.fr**Web:** <https://www.cebc.cnrs.fr/?lang=en>

## RECURSOS HUMANOS

### RECURSOS HUMANOS

**Responsable técnico-científico:** Alvaro Alberto Soutullo Bugallo**Documento:** Cédula de Identidad: 17992230**Teléfono:** 099074408**Email:** a.soutullo@gmail.com**Organización:** Universidad de la República / Centro Universitario Regional Este - UDeLaR / Departamento de Ecología y Gestion Ambiental**Sector Organización:** Sector Educación Superior/Público**País Organización:** Uruguay**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 20**Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Será el responsable del proyecto y tutor principal de la becaria. Tendrá a su cargo la administración del proyecto (redacción de informes, etc.) y participará de las actividades de campo previstas en Isla Ardley. Se encargará de la coordinación y articulación del trabajo de los demás integrantes del equipo y estará involucrado en el procesamiento y análisis de los datos generados. Participará en las estancias previstas en Francia, bajo la supervisión de los Dres. Kato y Ropert-Coudert, y supervisará la estancia de la Lic.

---

Silvestro en el CURE. Participará en la redacción de documentos técnicos para los grupos de trabajo de la CCRVMA y de las publicaciones científicas que resulten del proyecto.

**Becario: Ana Laura Machado Gaye**

---

**Documento:** Cédula de Identidad: 43038040

**Organización:** Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas / Área Biología (PEDECIBA) / Subárea Ecología y Evolución

**Sector Organización:** Sector Educación Superior/Público

**País Organización:** Uruguay

**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 30      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Se espera la culminación de su Doctorado como parte de este proyecto. Será la responsable del trabajo de campo que se llevará a cabo en las colonias de Isla Ardley (Isla Rey Jorge/25 de Mayo), que consiste en la colocación de dispositivos de rastreo Axytrek a unos 40 individuos a lo largo de las dos temporadas de estudio. Realizará estancias en el CEBC bajo la supervisión de los Dres. Ropert-Coudert y Kato para el procesamiento y análisis de los datos generados con los dispositivos de rastreo (AxyTrek y GLS), y la caracterización y comparación de los paisajes energéticos, y con el Dr. Angelier para el análisis de isótopos estables. Realizará también una estancia en el Museo Nacional de Ciencias Naturales con el Dr. Barbosa para realizar los análisis de parámetros fisiológicos de todas las muestras colectadas. Supervisará junto con el Dr. Soutullo la estancia de la Lic. Silvestro en el CURE, y participará en la redacción de documentos técnicos para los grupos de trabajo de la CCRVMA y de las publicaciones científicas que resulten del proyecto, además de su tesis doctoral.

**Técnico de apoyo: Eduardo Javier Juri Peralta**

---

**Documento:** Cédula de Identidad: 42865274

**Organización:** Programa de Desarrollo de las Ciencias Básicas / Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Básicas  
/ Fundación para el Desarrollo de las Ciencias Básicas

**Sector Organización:** Sector Educación Superior/Público

**País Organización:** Uruguay

**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 10                      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Coordinará la planificación logística de las actividades de campo y compra de equipos y materiales, y colaborará con las tareas de administración del proyecto (redacción de informes, etc.). Participará de las actividades de campo previstas en Isla Ardley y en la redacción de documentos técnicos para los grupos de trabajo de la CCRVMA.

**Investigador:** Franco Andrés Teixeira De Mello Ramirez

---

**Documento:** Cédula de Identidad: 38575611

**Organización:** Universidad de la República / Centro Universitario Regional del Este / Departamento de Ecología y  
Gestion Ambiental

**Sector Organización:** Sector Educación Superior/Público

**País Organización:** Uruguay

**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 5                      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Será responsable de implementar el protocolo de experimentación animal presentado ante la CHEA y colaborará en el trabajo de campo en Isla Ardley.

**Técnico de apoyo:** Anahi Silvestro

---

**Documento:** Pasaporte: AAB881150

**Organización:** Universidad del Comahue

**País Organización:** Argentina

**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 20                      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Coordinará el trabajo de campo en las colonias de Bahía Esperanza (Península Antártica), que consiste en la colocación de dispositivos de rastreo Axytrek de unos 40 individuos a lo largo de las dos temporadas de estudio. Posteriormente será contratada con presupuesto del proyecto durante 8 meses (20 horas semanales) para realizar el procesamiento de datos de los dispositivos de rastreo Axytrek y el procesamiento de la información espacial del Sistema de Observación Científica Internacional de la CCRVMA para delimitar las áreas de actividad pesquera en el área 48 de la CCRVMA y evaluar la superposición con las áreas de actividad de los pingüinos en el entorno de la Península Antártica. Se prevé una estancia en el CURE para trabajar en el procesamiento y análisis de los datos bajo la supervisión del Dr. Soutullo y la MSc. Machado.

**Investigador:** Akiko Kato

---

**Documento:** Pasaporte: TZ1256465

**Organización:** Centre de Etudes Biologiques de Chizé

**País Organización:** Francia

**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 4                      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Estará a cargo de supervisar los análisis para la caracterización y comparación de paisajes energéticos en torno a DDU e Isla Ardley. En el marco del proyecto se prevé una estancia de la Becaria al CEBC bajo su supervisión y la del Dr. Rupert-Coudert para llevar a cabo estos análisis, utilizando las infraestructuras y equipamiento del Centro. Participará en la redacción de las publicaciones científicas que resulten del proyecto.



---

**Investigador:** Yan Ropert-coudert

---

**Documento:** Pasaporte: 13CV59259**Organización:** Centre d'Etudes Biologiques de Chizé**País Organización:** Francia**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 4                      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Estará a cargo de supervisar el procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek y GLS, y los análisis sobre patrones de movimiento y uso del espacio de las especies estudiadas. Será co-director de la tesis doctoral de la Becaria. En el marco del proyecto se prevé dos estancias de la misma en el CEBC para llevar adelante el procesamiento y análisis de los datos de los dispositivos de rastreo Axytrek y GLS bajo su supervisión y la de la Dra. Kato utilizando las infraestructuras y equipamiento del Centro. Participará en la redacción de las publicaciones científicas que resulten del proyecto.

---

**Investigador:** Frédéric Angelier

---

**Documento:** Pasaporte: 11CI38806**Organización:** Centre d'Etudes Biologiques de Chizé**País Organización:** Francia**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 4                      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Estará a cargo de supervisar los análisis de isótopos estables de todas las muestras colectadas. En el marco del proyecto se prevé una estancia de la Becaria al CEBC para realizar bajo su supervisión los análisis de laboratorio utilizando las infraestructuras y equipamiento del Centro. Participará en la redacción de las publicaciones científicas que resulten del proyecto.

---

**Investigador: Mariana Juárez**

---

**Documento:** Pasaporte: AAD534959**Organización:** Instituto Antártico Argentino**País Organización:** Argentina**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 20      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Coordinará el trabajo de campo en las colonias de Punta Stranger (Isla Rey Jorge/25 de Mayo), que consiste en la colocación de dispositivos de rastreo Axytrek de unos 40 individuos a lo largo de las dos temporadas de estudio. Estará a cargo de supervisar los análisis de variabilidad en el comportamiento de forrajeo y uso del espacio de las especies estudiadas en el entorno de la Península Antártica, y las interacciones con la actividad pesquera. Participará en la redacción de documentos técnicos para los grupos de trabajo de la CCRVMA y de las publicaciones científicas que resulten del proyecto.

---

**Investigador: Andres Barbosa**

---

**Documento:** Pasaporte: AAF153991**Organización:** MUSEO NACIONAL DE CIENCIAS NATURALES**País Organización:** España**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 12      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Estará a cargo de supervisar los análisis de parámetros fisiológicos de todas las muestras colectadas y participará de las actividades de campo en Isla Ardley. Será co-director de la tesis doctoral de Becaria. En el marco del proyecto se prevé una estancia de la misma en el Museo Nacional de Ciencias Naturales para realizar bajo su supervisión los análisis de laboratorio utilizando las infraestructuras y equipamiento del Museo. Participará en la redacción de las publicaciones científicas que resulten del proyecto.

---

**Técnico de apoyo:** Coline Marciau

---

**Documento:** Pasaporte: 13CI22519**Organización:** University of Tasmania, Institute for Marine and Antarctic Studies (IMAS)**País Organización:** Australia**Dedicación al proyecto (horas semanales):** 12      **Meses de participación en el proyecto:** 36

**Descripción de las tareas a desarrollar en el proyecto:** Colaborará en el procesamiento y análisis de los datos colectados con GLS y en los análisis de isótopos estables. Participará de las actividades de campo previstas en Isla Ardley.

## **DATOS DEL BECARIO**

**Indicar si esta propuesta incluye la postulación para el financiamiento de un estudiante de posgrado (becario):**

SI

**Becario:** Ana Laura MACHADO GAYE

---

**Tipo de becario:** Doctorado

**Justificar la pertinencia de incluir un becario en el marco de esta propuesta:** Este proyecto articula el trabajo de cuatro grupos de investigación, tres de ellos extranjeros. Una parte sustancial de los datos y muestras que es necesario analizar para cumplir con los objetivos ya están disponibles y guardados en las instalaciones de algunas de las instituciones participantes. Estas cuentan con los equipos y los materiales necesarios para su procesamiento. El principal desafío para el proyecto es contar con una alta dedicación de los recursos humanos del proyecto al procesamiento y análisis de esos datos y muestras. El desarrollo de la tesis doctoral de la becaria constituye uno de los componentes centrales del proyecto, y el principal aporte del grupo de investigación de Uruguay a esta iniciativa conjunta (contribuye directamente a los objetivos 1 y 2 del proyecto). La principal limitante para este proyecto sería la

ausencia de una beca que permita a la estudiante doctoral una alta dedicación a las tareas descritas en la propuesta.

En el proyecto está previsto que ésta sea quien coordine el trabajo de campo que se llevará a cabo en las colonias de Isla Ardley, y realice la mayor parte del procesamiento y análisis de los datos generados con los dispositivos de rastreo, los análisis de parámetros fisiológicos y de isótopos estables, y la caracterización y comparación de los paisajes energéticos. Se espera también que participe en la redacción de los documentos técnicos y las publicaciones científicas que resulten del proyecto.

**Línea de investigación en la cual el becario desarrollaría su tesis de posgrado:** La tesis doctoral de la becaria está enmarcada dentro de la línea de investigación "Cambios ambientales en los ecosistemas antárticos: impactos, gestión y desafíos para la gobernanza del Sistema del Tratado Antártico", que el responsable del proyecto desarrolla en el CURE, Udelar.

El objetivo de esta línea es generar información que permita a Uruguay sostener sus posiciones en el marco del Sistema de Tratado Antártico (STA) sobre la base de evidencias científicas sólidas. La tesis que la becaria desarrolla en el marco de PEDECIBA aborda la ecología trófica de dos especies de pingüinos Pygoscelidos, con el objetivo de determinar los efectos del cambio global sobre sus poblaciones y los mecanismos subyacentes. Para ello, apoya un enfoque experimental comparando colonias de pingüinos con tendencias poblacionales opuestas y que se encuentran en regiones del continente que presentan condiciones ambientales contrastantes, en particular respecto a las tendencias de cambio climático e impacto de las actividades humanas. Busca así comprender el rol que juegan distintos componentes del cambio global en las tendencias poblacionales observadas. En particular, busca entender cómo responden las diferentes colonias a los impactos antrópicos a nivel local (ej. turismo, pesca), comparando condiciones de intensa actividad humana con condiciones de mínima actividad, aprovechando la situación excepcional generada por la pandemia de COVID-19. Por otro lado, se estudian dos especies bajo las mismas condiciones ambientales pero con tendencias poblacionales opuestas, con el fin de evaluar si estas diferencias son explicadas por respuestas diferenciales frente a las presiones ambientales.

**Orientador:** Alvaro Alberto SOUTULLO BUGALLO

## ESPECIFICACIONES DE LA PROPUESTA

## ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN

### Antecedentes y descripción del proyecto :

**Describir los antecedentes y la situación actual del tema principal a investigar en el proyecto tanto en el ámbito nacional como internacional. Incluir una reseña de la literatura especializada. Describir las principales características del proyecto de investigación, detallando el tema central a investigar y justificando su aporte en la materia.**

Los ecosistemas marinos son afectados por los cambios ambientales globales, causando perturbaciones que tienen efectos dramáticos en la producción primaria (Behrenfeld et al. 2006) y en la ecofisiología y distribución de organismos de niveles tróficos superiores (Hazen et al. 2012). Existe una creciente necesidad de comprender el efecto de estos cambios sobre los ecosistemas. Estudiar el comportamiento de alimentación de los depredadores marinos es particularmente útil para evaluar estos efectos. Los depredadores marinos ajustan su distribución y comportamiento en respuesta a la variabilidad del océano, en busca de las características biofísicas asociadas con recursos accesibles y abundantes (Bost et al. 2015). Este estrecho acoplamiento oceanográfico-ecológico los hace muy valiosos para evaluar el estado de las redes tróficas, pero también muy vulnerables a los efectos del cambio climático, la explotación de recursos o modificación del hábitat, lo que puede determinar la supervivencia individual y por lo tanto, la dinámica poblacional (Masello et al. 2021).

En las últimas décadas se han incrementado los estudios que utilizan dispositivos de rastreo para investigar la distribución, movimiento, actividad y comportamiento de los animales (Ropert-Coudert et al. 2012). El uso de estas tecnologías ha permitido profundizar en la comprensión de los mecanismos que determinan los patrones de movimiento. La Teoría de forrajeo óptimo, que se basa en el concepto de que los animales minimizan el gasto de energía con respecto a la adquisición de energía, maximizando su tasa neta de ganancia (Schoener 1971), ha sido fundamental para el estudio del movimiento y uso del espacio. Sin embargo, este enfoque generalmente simplifica algunos componentes ambientales que actualmente son considerados importantes en el comportamiento de los animales, como las propiedades físicas del paisaje, que puede afectar profundamente los costos del movimiento (Wilson et al. 2012; Gallagher et al. 2017). Por lo tanto, examinar la variación del gasto energético a través de los denominados paisajes energéticos (Wilson et al. 2012; Shepard et al. 2013), es un componente importante para comprender y predecir patrones de uso del espacio y sus repercusiones a nivel poblacional.

La Antártida y el Océano Austral cumplen un rol fundamental en el sistema climático global, teniendo un importante papel sobre el nivel medio del mar y los balances globales de calor y gases de efecto invernadero (Kennicutt et al. 2019). La Antártida es la principal reserva de agua dulce del planeta, y el Océano Austral constituye uno de los océanos más productivos del mundo. La Antártida ha sido declarada una reserva natural destinada a la paz y a la ciencia, y es gestionada bajo un régimen jurídico especial, el Tratado Antártico, no siendo parte del territorio nacional de ningún país. A su vez, el Océano Austral y los mares que rodean la Antártida, son gestionados a través de la Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA), que tiene como objetivo principal la gestión racional del ecosistema marino a fin de permitir la utilización sostenida de sus recursos vivos (CCAMLR, 2018).

Sin embargo, esta región del planeta se encuentra fuertemente presionada por el cambio climático y el impacto de las actividades humanas, que generan pérdida de diversidad biológica, introducción de especies exóticas, contaminación, sobreexplotación de recursos marinos y cambios fisicoquímicos en el ecosistema marino (Chown y Brooks 2019; Ropert-Coudert et al. 2019; Morley et al. 2020; Rogers et al. 2020; Cavanagh et al. 2021). En particular, la península

antártica (PA), y específicamente el sector oeste de esta región (OPA), es una de las áreas polares más afectadas por el calentamiento global (Cook et al. 2016; Siegert et al. 2019). Como consecuencia, se ha registrado una disminución en la extensión y duración del hielo marino (Stammerjohn et al. 2008; Moffat y Meredith 2018), teniendo una profunda incidencia sobre las especies dependientes del hielo, como el krill antártico (*Euphausia superba*) (Atkinson et al. 2019). Esta es una especie clave en la red alimenticia antártica, y por lo tanto su reducción está teniendo efectos en las poblaciones de sus predadores.

Esta región también está sometida a una fuerte presión de la pesca, identificándose ésta como una de las principales amenazas en el OPA (Hogg et al. 2020). El krill antártico es el principal objetivo de la pesquería en el Océano Austral, y actualmente se encuentra concentrada en el área 48 de FAO (OPA y Arco de Scotia) (Kruger et al. 2020). Esta actividad ha crecido en las últimas décadas, llegando a capturar casi 400.000 toneladas de krill en 2019, correspondiendo el 90% a la PA (Hogg et al. 2020). Hasta el momento, el límite de captura establecido por la CCRVMA para el área 48 es de 620.000 toneladas. En 2009 mediante la medida de conservación 51-07 la CCRVMA asignó un porcentaje de captura que no podrá ser superado en cada subárea. Sin embargo, esta medida será revisada en 2021 para re-definir estos porcentajes.

Por otro lado, desde el año 2002 la CCRVMA ha estado trabajando en la creación de una red de Áreas Marinas Protegidas (AMPs) en el Océano Austral (Brooks 2013, Sylvester y Brooks 2019). En 2009 la CCRVMA adoptó la primera AMP mundial en alta mar, al sur de las Islas Orcadas del Sur (Sylvester y Brooks 2020), y en 2016 adoptó una segunda en el Mar de Ross. Actualmente están negociando otras tres propuestas en la Antártida Oriental, en el Mar de Weddell y en la zona occidental de la Península Antártica y Sur del Arco de Scotia (Brooks et al. 2020).

Uruguay es Miembro Consultivo del Tratado Antártico y miembro pleno de CCRVMA desde 1985. Por lo tanto, participa de la cogestión de la Antártida y el Océano Austral en régimen de consenso y con un enfoque de gestión basada en evidencia científica (Brooks et al. 2016), junto a otros 28 países. Este proyecto busca generar conocimiento relevante para informar las posiciones políticas del país en estos ámbitos de discusión, y contribuir a una gestión sostenible de los recursos vivos del Océano Austral.

En el ecosistema marino antártico, los pingüinos son considerados especies centinelas, ya que como predador tope integran los cambios que ocurren en los niveles tróficos más bajos, reflejando de forma rápida los cambios ambientales en el medio marino (Le Bohec et al. 2013; Ropert-Coudert et al. 2019). Los cambios en su distribución y abundancia, el éxito reproductivo, la supervivencia y la composición de la dieta, están estrechamente relacionados con las condiciones generales del ecosistema (Le Bohec et al. 2013; Hinke et al. 2017).

En la región de la PA, los pingüinos del género *Pygoscelis* han mostrado cambios significativos en sus tendencias poblacionales como consecuencia de los procesos antes mencionados: rápido calentamiento, variabilidad interanual en el hielo marino, disminución del krill antártico. En general, las poblaciones de pingüinos Adelia (*Pygoscelis adeliae*) y Barbijo (*P. antarcticus*) han disminuido en esta región (Trivelpiece et al. 2011; Barbosa et al. 2012), mientras que las poblaciones del pingüino Papúa (*P. papua*) son estables e incluso están aumentando (Lynch et al. 2010), posiblemente debido a que es un predador potencialmente plástico en sus estrategias de alimentación (Miller et al. 2009).

En cambio, en el lado opuesto del continente, en la Antártida Oriental, se ha registrado un aumento del 1,5% en la extensión del hielo marino (Massom et al. 2013; Michel et al. 2019). Esto tiene implicancias sobre los pingüinos Adelia, que presentan una distribución circumpolar con casi 4 millones de parejas en todo el continente, y para los cuales el hielo marino es un hábitat clave. En este sentido, mientras que las poblaciones de esta especie en la PA están disminuyendo, en la Antártida Oriental son estables o están aumentando ligeramente (Southwell et al. 2015). Por lo

tanto, la distribución circumpolar de Adelia presenta algunas tendencias locales altamente divergentes que deben entenderse a la luz de las diferentes tendencias e impactos del cambio global alrededor de la Antártida.

Esto brinda una oportunidad única para comprender el peso relativo que distintas presiones antrópicas pueden estar teniendo en sus tendencias poblacionales, y este conocimiento puede contribuir a entender el impacto que estas actividades pueden estar teniendo sobre otros componentes del ecosistema marino antártico. La información sobre especies clave, como el krill, las aves y los mamíferos marinos, y sobre ecosistemas clave como los de la Península Antártica sigue siendo inadecuada para comprender plenamente su dinámica. El seguimiento a largo plazo es esencial para una gestión eficaz, siendo el cambio climático y el aumento del impacto humano local las principales amenazas para los ecosistemas antárticos en el futuro (Chown y Brooks 2019).

Por otro lado, esta es información clave también para diseñar medidas efectivas de gestión del Océano Austral. Entre otras, información de alta resolución para el diseño, monitoreo y evaluación de AMPs, como la propuesta para la Península Antártica y Sur del Arco de Scotia. Se espera que la información obtenida a partir de este proyecto contribuya directamente con esta propuesta, brindando información de base para el monitoreo de su efectividad en el futuro.

#### **Antecedentes del equipo de trabajo:**

**Señalar, si corresponde, los aportes científicos que Ud. y su equipo han realizado en el área, incluyendo las referencias bibliográficas. Especificar los proyectos relacionados o similares al de la presente propuesta indicando en cada caso las complementariedades y mencionando cuál es el punto de partida del proyecto propuesto en el contexto del trabajo previo.**

Esta es un área de investigación incipiente en Uruguay, con algunos antecedentes en los 90s (e.g., Wilson et al. 1998). Este proyecto busca dar continuidad a una línea de investigación recientemente iniciada por el responsable en colaboración con la becaria y los investigadores extranjeros que conforman el equipo de trabajo. Estos últimos con amplia trayectoria en la temática (e.g., Kato et al. 2009; Ropert-Coudert et al. 2018; 2019; Barbosa et al. 2016; 2021; Juárez et al. 2020; 2021; Angelier et al. 2020). Específicamente este proyecto busca integrar el proyecto de tesis doctoral que desarrolla actualmente la becaria en Isla Ardley (Isla Rey Jorge/25 de Mayo; ver Fig. 1 en Documentos Adjuntos) con apoyo del Instituto Antártico Uruguayo (proyecto "Pingüinos como centinelas del impacto antrópico y cambio climático en el ecosistema antártico" - EM\_Machado\_2019) y bajo la supervisión del responsable del proyecto y los Dres. Ropert-Coudert y Barbosa, con el trabajo llevado a cabo por 1) el Instituto Antártico Argentino (IAA) en el marco del Programa de Monitoreo del Ecosistema (CEMP) de la CCRVMA en las colonias de pingüinos de Punta Stranger (Isla Rey Jorge/25 de Mayo), y Bahía Esperanza (Península Antártica), 2) el Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN) a lo largo de la Península Antártica, y 3) el Centro de Estudios Biológicos de Chizé (CEBC) en el entorno de la Base Dumont d'Urville (DDU - Antártida Oriental).

Articula así múltiples proyectos en marcha, y construye sobre la experiencia y el conocimiento generado por más de 20 años de investigación en la temática de los demás integrantes del equipo de trabajo. Específicamente, el IAA, a través del proyecto "Monitoreo del Ecosistema – CCRVMA" (PI 05), lleva a cabo estudios a largo plazo de aspectos reproductivos, tróficos, comportamentales y poblacionales de los pingüinos Adelia y Papúa con el propósito de identificar los mecanismos ecológicos subyacentes a los cambios poblacionales registrados en cada especie, reconocer parámetros claves que reflejen los cambios en el ecosistema, y aportar información relevante para lograr medidas eficientes de conservación y gestión de los recursos marinos.

Por otro lado, el MNCN desarrolla actualmente el proyecto “Consecuencias ecológicas y evolutivas de la personalidad en pingüinos antárticos en un mundo cambiante”, cuyo objetivo es determinar la existencia de síndromes de personalidad en tres especies de pingüinos antárticos y cómo esta característica del comportamiento afecta a diferentes aspectos de su ecología, fisiología, comportamiento y adecuación biológica. Parte de esta variación intraespecífica asociada a la personalidad también podría explicar si algunos fenotipos se ven afectados de manera diferencial por los cambios ambientales, lo cual tiene gran importancia para predecir las respuestas de las poblaciones y las especies en un escenario de grandes cambios, extremos y rápidos, como los que se están produciendo en la Península Antártica.

Finalmente, la investigación que desarrolla el CEBC a través del Programa 1091 del Instituto Polar Frances (“Adélie penguins as bioplateformes of the marine environment”), es parte de un esfuerzo global de seguimiento a largo plazo de especies clave que sirven como eco-indicadores de los cambios ambientales. Los datos recogidos se utilizan para identificar las zonas de forrajeo de los pingüinos Adelia en el entorno de DDU y cuantificar el esfuerzo de forrajeo en función de i) la disponibilidad de sus presas principales, ii) su propia capacidad de encontrar y capturar presas, que depende de su calidad individual. El programa hace especial hincapié en el análisis del impacto de las actividades humanas en el rendimiento de los pingüinos mediante un seguimiento ecofisiológico y conductual.

Esta propuesta busca 1) integrar información generada por los mencionados proyectos y programas para obtener una comprensión más global de los procesos que subyacen los fenómenos observados en cada uno de los sitios estudiados, pasando de una escala de análisis local, a una escala de análisis continental; y 2) generar información específica que complete vacíos de información necesarios para mejorar las medidas de gestión del Océano Austral (AMPs y medidas de conservación de la CCRVMA) en la subárea 48.1 de la CCRVMA. Metodológicamente involucra, por un lado, el procesamiento y análisis de datos de campo ya colectados, y por otro, la colecta y procesamiento de nuevos datos para llenar vacíos de información claramente delimitados. Esto es: a) información sobre los áreas que utilizan los pingüinos Adelia en el entorno de la Península Antártica durante el invierno y su superposición con áreas de pesca de krill, y b) información sobre variabilidad en las áreas y el comportamiento de forrajeo de ambas especies en la Península Antártica durante la época reproductiva, y sus interacciones con la disponibilidad de krill y la actividad pesquera.

Parte de los costos de movilidad de este proyecto se cubren con financiación específica aprobada al responsable del proyecto: Proyectos: “A science-policy interface to support the work of Uruguay’s CCAMLR National Committee (CICU)” financiado por el Fondo de Desarrollo de la Capacidad General de CCRVMA y “Pingüinos como centinelas del Océano Austral: Comparación de la ecología de la alimentación de los pingüinos Pygoscelidos en dos sitios altamente contrastantes en la Antártida”, financiado por el programa ECOS de la Udelar, y ejecutado en colaboración con la contraparte francesa de este proyecto. Los gastos que no se cubren con los fondos solicitados en esta propuesta, incluyendo los costos asociados a los análisis de laboratorio y las actividades campo, son cubiertos “in kind” por los proyectos de los demás investigadores previamente mencionados, o por las instituciones participantes.

## OBJETIVOS



**Objetivo general:**

El objetivo del proyecto es evaluar el impacto relativo de distintos componentes del cambio global sobre los recursos vivos del Océano Austral, utilizando a los pingüinos como centinelas del ecosistema marino, y contribuir al diseño, monitoreo y evaluación de medidas de conservación orientadas a asegurar la explotación sustentable de los recursos marinos vivos en el entorno de la Península Antártica. De esta forma, se pretende integrar información local (los sitios de muestreo) para comprender procesos a escala regional (Península Antártica) y continental, y elaborar recomendaciones para la gestión de recursos marinos a esas tres escalas, con énfasis en la subárea 48.1 de la CCRVMA.

## Objetivos específicos

Nº	Objetivo específico	Resultado esperado	Observaciones
----	---------------------	--------------------	---------------

- 1 1. Analizar el rol de diferentes componentes del cambio global, en las tendencias poblacionales observadas en colonias de pingüinos Adelia expuestas a condiciones ambientales contrastantes (DDU e Isla Ardley).
- Los productos resultantes del cumplimiento de este objetivo son artículos científicos y la tesis doctoral de la Becaria. Resultados intermedios que pueden ser utilizados como medio de verificación incluyen: 1) mapas de paisajes energéticos en el entorno de las colonias en Isla Ardley y DDU, mostrando los viajes de alimentación analizados, y discriminando los datos de la temporada 2020/2021 de las demás temporadas analizadas; 2) tablas resumiendo a) los costos energéticos estimados para los viajes de alimentación en cada colonia y temporada analizada, y b) los valores registrados de éxito reproductivo y c) condición fisiológica de los individuos y colonias monitoreados; y 3) diagramas de nicho trófico en base a isótopos estables, comparando colonias y años. Esta información se presentará en un primer informe de avances del proyecto, a ser elaborado al cumplirse el Hito 1 del proyecto, al finalizar el mes 17 de ejecución del mismo.
- Para esto se van a comparar los paisajes energéticos utilizados por individuos de esta especie y analizar las consecuencias a nivel poblacional (e.g., éxito reproductivo) y de fitness individual (e.g., indicadores de estado fisiológico), de la exposición a condiciones contrastantes en términos de:
- a) cambios en el clima, presión de pesca, y actividad humana en el entorno de las colonias. Se espera que comparaciones entre DDU e Isla Ardley contribuyan a comprender si las distintas tendencias poblacionales en ambos sitios pueden deberse a diferencias en las presiones que experimentan estas colonias durante la época reproductiva;
  - b) actividades humanas en el entorno de las colonias durante el verano 2020/2021, con una reducción excepcional de las actividades humanas en la Antártida como consecuencia de la pandemia de COVID-19. Se espera que las comparaciones temporales contribuyan a comprender el peso relativo que tienen las actividades humanas en el entorno de las colonias como fuente de presión y su relación con las tendencias poblacionales observadas. Se espera también que la comparación entre sitios, contribuya a comprender el efecto adicional que estas tienen en sitios expuestos de forma simultánea a varios componentes del cambio global (Isla Ardley), en relación con sitios menos impactados (DDU).

2	2. Evaluar si las diferencias observadas en las tendencias poblacionales en los pingüinos Adelia y Papúa en la Península Antártica pueden ser atribuidas a diferencias en la adquisición de presas, siendo que los pingüinos Papua tienen mayor plasticidad y amplitud trófica.	Los productos resultantes del cumplimiento de este objetivo son artículos científicos y la tesis doctoral de la Becaria. Resultados intermedios que pueden ser utilizados como medios de verificación incluyen: 1) mapas de paisajes energéticos en el entorno de Isla Ardley para las dos especies, mostrando los viajes de alimentación analizados, y discriminando los datos de la temporada 2020/2021 de las demás temporadas analizadas; 2) tablas resumiendo a) los costos energéticos estimados para los viajes de alimentación para cada especie y temporada analizada, y b) los valores registrados de éxito reproductivo y c) condición fisiológica de los individuos monitoreados; y 3) diagramas de nicho trófico en base a isótopos estables, comparando especies y años. Esta información se presentará en un primer informe de avances del proyecto, a ser elaborado al cumplirse el Hito 1 del proyecto, al finalizar el mes 17 de ejecución del mismo.	Para esto se van a analizar diferencias en los paisajes energéticos utilizados por los individuos de ambas especies en isla Ardley, con las mismas condiciones de exposición a diferentes componentes del cambio global, y sus posibles consecuencias a nivel poblacional (e.g., éxito reproductivo) y de fitness individual (e.g., indicadores de estado fisiológico). Para evaluar si existen diferencias entre estas especies en el impacto adicional que generan las actividades humanas en el entorno de Isla Ardley, se va a analizar también si existen diferencias en los paisajes energéticos utilizados y las respuestas a nivel poblacional y de fitness individual en años con y sin restricciones en las actividades humanas en el entorno de las colonias.
---	---	---	--

- 3 3. Contribuir al diseño, monitoreo y evaluación de las medidas de conservación actualmente en consideración en la subárea 48.1 de la CCRVMA.
- Los productos resultantes del cumplimiento de este objetivo son artículos científicos y documentos de trabajo presentados ante la CCRVMA. Resultados intermedios que pueden ser utilizados como medios de verificación incluyen: 1) mapas de área de invernada de pingüinos Adelia en el entorno de la Península Antártica; 2) mapas de áreas de alimentación de pingüinos Adelia y Papúa durante la época reproductiva en el norte de la Península Antártica, discriminando entre especies, colonia y año; 3) mapas de intensidad de pesca de krill en el área 48 de CCRVMA para los mismos períodos de los mapas mencionados en los numerales 1) y 2); 4) mapas de las áreas de superposición de la actividad pesquera con las áreas de alimentación e invernada de ambas especies en el entorno de la Península Antártica. Esta información se presentará en un segundo informe de avances del proyecto, a ser elaborado al cumplirse el Hito 2 del proyecto, al finalizar el mes 29 de ejecución del mismo.
- Para esto:
- a) se van a identificar las áreas utilizadas fuera de la época reproductiva por los pingüinos Adelia que se reproducen en isla Ardley, y explorar posibles interacciones con las zonas pesca de krill;
- b) durante la época reproductiva se va analizar y comparar las áreas de forrajeo de las dos especies en el norte de la Península Antártica, monitoreando en simultáneo tres colonias (Punta Stranger, Isla Ardley y Bahía Esperanza), para identificar posibles interacciones con la actividad de pesca, y su potencial efecto sobre el comportamiento de forrajeo de ambas especies, a la luz de los resultados de los 2 objetivos anteriores.

## CONTENIDO TÉCNICO

### Hipótesis de investigación:

Formular la o las hipótesis que se espera contrastar a través de la investigación planteada.

Se parte del supuesto que los cambios ambientales observados en la Antártida y el Océano Austral en los últimos años impactan sobre la disponibilidad de alimento para los pingüinos. A partir de esto se hipotetiza que 1) en respuesta a estos cambios los individuos se ven forzados a introducir modificaciones en sus estrategias de forrajeo; 2) en aquellos lugares donde la magnitud de los cambios ha sido mayor, los costos energéticos del forrajeo durante la época reproductiva será mayor; 3) estos costos se verán reflejados en un deterioro en el fitness individual y/o parámetros poblacionales; esto 4) podría explicar diferencias en las tendencias poblacionales en áreas expuestas a diferentes magnitudes de deterioro en las condiciones ambientales.

Se espera que en lugares con mayor impacto los paisajes energéticos sean más costosos, y que esto se refleje en peores indicadores de condición fisiológica o éxito reproductivo de las colonias: 1) los pingüinos Papúa utilizarán paisajes energéticos menos costosos y mostrarán mejores indicadores de condición fisiológica y/o éxito reproductivo que los Adelia; los pingüinos Adelia utilizarán paisajes energéticos menos costosos y mostrarán mejores indicadores de condición fisiológica y/o éxito reproductivo en 2) DDU que en Isla Ardley y 3) durante el verano 2020/2021; 4) la disminución en las actividades humanas en 2020/2021, se verá reflejada en 5) una mayor reducción de los costos de forrajeo en Isla Ardley que en DDU, y 6) una mejoría más notoria en los indicadores de condición fisiológica y/o éxito reproductivo.

### Diseño de investigación y metodología:

**Describir y justificar la estrategia o metodología seleccionada para alcanzar los objetivos específicos. Brindar detalles que permitan valorar si el abordaje propuesto es adecuado (ejemplo, estrategia de muestreo; tamaño muestral; validación previa de herramientas a utilizar; análisis estadístico a emplear).**

La estrategia metodológica involucra: 1) análisis de datos y muestras colectados previo al inicio del proyecto para a) caracterizar los paisajes energéticos utilizados por las dos especies y b) identificar las áreas utilizadas por los pingüinos Adelia fuera de la época reproductiva; 2) trabajo de campo y análisis de datos colectados durante el proyecto para analizar el comportamiento de forrajeo y las áreas utilizadas por ambas especies en la subárea 48.1.

#### Componente 1a: paisajes energéticos

Se utilizarán datos de pingüinos Adelia y Papúa colectados durante las temporadas 2019-2020 y 2020-2021 en Isla Ardley y DDU ( Fig. 1 en Documentos Adjuntos), y datos que se colectarán durante la temporada 2021-2022. En ambos sitios aproximadamente 20 individuos adultos de cada especie han sido equipados con dispositivos Axytrek (Technosmart, Italia) en cada temporada. Estos dispositivos combinan un GPS de localización rápida, un acelerómetro de 3 ejes y un registrador de temperatura y profundidad. Las aves son capturadas en sus nidos (Bannasch et al. 1994), los dispositivos son colocados en la parte inferior-media de la espalda y permanecen colocados por 5-8 días. Las aves son recapturadas en sus nidos para recuperar los dispositivos, medir la masa corporal y recoger muestras de sangre (1-2 ml) de la vena metatarsiana, que se utilizarán para el estudio de isótopos estables, sexado molecular e índices de estrés.

Para construir los paisajes energéticos en torno a las colonias se seguirán los pasos detallados en Masello et al. (2017): 1) cálculo de la Aceleración Corporal Dinámica Global (ODBA) para los primeros viajes de forrajeo; la ODBA es un indicador lineal de la energía metabólica que puede convertirse en gasto energético; 2) como los pingüinos consumen tanto presas bentónicas como pelágicas y los costos varían con la profundidad, se calcularán ODBA bentónicas y pelágicas; 3) cálculo del costo del viaje a la zona de alimentación, considerando la distancia recorrida y la velocidad media de nado; 4) cálculo del costo de una inmersión, usando los ODBAs como un proxy calibrado de la tasa de consumo de oxígeno  $V_o$ ; 5) cálculo de la energía ganada durante el forrajeo, utilizando el tiempo de fondo como indicador de la adquisición de presas y energía; 6) con la relación entre el costo total de forrajeo y el tiempo total de fondo se calculará el costo relativo total ( $J\ kg^{-1}\ s^{-1}$ ).

Las relaciones de isótopos estables de carbono ( $^{13}C$ ) y nitrógeno ( $^{15}N$ ) de los glóbulos rojos y del plasma, permitirán inferir la dieta durante el periodo de estudio (Handley et al. 2016). En cuanto a los análisis fisiológicos, se estudiará la proporción de leucocitos heterófilos y linfocitos (proporción H/L), utilizada como indicador del estado fisiológico y esfuerzo (proporción elevada = estrés elevado) (Maxwell y Robertson, 1998; Davis et al. 2008). Siguiendo a Merino et al. (1999), se realizarán recuentos diferenciales de leucocitos con un microscopio de luz ( $\times 100$ ) en frotis de sangre (100 leucocitos por frotis). Además, se evaluará el equilibrio oxidativo en el plasma sanguíneo. Se analizarán los componentes oxidantes y antioxidantes utilizando el test de metabolitos del oxígeno reactivo (d-ROM) y pruebas OXY-adsorbentes (Diacron International, Grosseto, Italia), siguiendo a Beaulieu et al. (2010). La prueba d-ROMs mide hidroperóxidos plasmáticos, la de oxy-adsorbentes mide la capacidad total de antioxidantes (OXY), cuantificando la contribución de los antioxidantes exógenos y de los sintetizados endógenamente.

El éxito reproductivo en las colonias se inferirá a partir de parámetros como cantidad de nidos con huevos, cantidad de nidos con pichones, número de pichones que alcanza la etapa de guardería y peso de los pichones. Estos datos son obtenidos como parte de los proyectos mencionados desde al menos la temporada 2019-2020.

Componente 1b: áreas de distribución fuera de la época reproductiva

Al final de la temporada reproductiva 2020-2021, 21 individuos adultos fueron equipados con geolocalizadores (GLS) y serán recuperados cuando retornen a la colonia (noviembre 2021). Para la colocación de los dispositivos se siguió a Ratcliffe et al. (2013). Estos registran los niveles de luz, de los que se calculan los tiempos de amaneceres y crepúsculos. A partir de estos y la temperatura del agua, se estiman las latitudes y longitudes, permitiendo una localización aproximada ( $\pm 150$  km). Con estos datos se calculará el área potencial de invernada, siguiendo a Ballard et al. (2010).

Para la identificación de las zonas de pesca de krill, se utilizará información del Sistema de Observación Científica Internacional de la CCRVMA (Hinke et al. 2017; CCAMLR Secretariat 2019; Juárez et al. 2021). La información compilada incluye toneladas de krill capturado, tallas y sexos, ubicación espacio-temporal de los buques, cantidad de horas de extracción y profundidad de cada lance. Se analizará la distribución espacial de la pesquería usando la Estimación de Densidad de Kernel (EDK), ponderando la información por el esfuerzo de pesca (e.g. Krüger 2019; Juárez et al. 2021). Se evaluará el potencial solapamiento entre las áreas explotadas por los pingüinos y la pesquería comercial de krill empleando diferentes escalas espacio-temporales (Hinke et al. 2017).

Componente 2: trabajo de campo en la subárea 48.1 de CCRVMA

Se colocarán dispositivos de rastreo Axytrek en Isla Ardley, Punta Stranger y Bahía Esperanza (ver Fig. 1). Se tomarán muestras en simultáneo en las 3 localidades durante las temporadas 2022/2023 y 2023/2024. Se identificará el rango de forrajeo de las aves reproductoras empleando la EDK (e.g. Widmann et al. 2015; Pickett et al. 2018). Se determinará el 50% y el 95% de la EDK de la distribución espacial de cada especie para definir el área de forrajeo “central” y “general” respectivamente. Se evaluará la variabilidad (entre años, colonias, especies y sexos) en la distancia máxima registrada desde la colonia y en la duración de los viajes de alimentación mediante el uso de GLMM, considerando variables físicas y ambientales.

Para la identificación de las zonas de pesca se utilizará la metodología descrita previamente, evaluando el potencial solapamiento entre las áreas usadas por los pingüinos y la pesquería de krill. Se calculará además la proporción de solapamiento en el rango “central” y “general”.

### Referencias bibliográficas o técnicas del proyecto:

Mencionar las referencias bibliográficas o técnicas citadas en el proyecto.

- Angelier, F. et al. (2020). When do older birds better resist stress? A study of the corticosterone stress response in Snow petrels. *Biology Letters*.
- Atkinson, A. et al. (2019). Krill (*Euphausia superba*) distribution contracts southward during rapid regional warming. *Nature Climate Change*, 9(2), 142-147.
- Bannasch, R. et al. (1994). Hydrodynamic aspects of design and attachment of a back-mounted device in penguins. *Journal of Experimental Biology*, 194(1), 83-96.
- Barbosa, A. et al. (2016). Age-related differences in the gastrointestinal microbiota of chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*). *PloS One*, 11(4), e0153215.
- Barbosa, A. et al. (2012). Population decline of chinstrap penguins (*Pygoscelis antarctica*) on Deception Island, South Shetlands, Antarctica. *Polar Biology*, 35(9), 1453-1457.
- Barbosa, A. et al. (2021). Risk assessment of SARS-CoV-2 in Antarctic wildlife. *Science of the Total Environment*, 755, 143352.
- Beaulieu, M. et al. (2010). Foraging in an oxidative environment: relationship between  $\delta^{13}C$  values and oxidative status in Adelie Penguins. *Proceedings of the Royal Society, B* 277: 1087-1092
- Behrenfeld, MJ. et al. (2006). Climate-driven trends in contemporary ocean productivity. *Nature*, 444(7120), 752-755.
- Bost, CA. et al. (2015). Large-scale climatic anomalies affect marine predator foraging behaviour and demography. *Nature Communications*, 6(1), 1-9.
- Brooks, CM. et al. (2020). Progress towards a representative network of Southern Ocean protected areas. *PloS One*, 15(4), e0231361.
- Brooks, CM. et al. (2016). Science-based management in decline in the Southern Ocean. *Science*, 354(6309), 185-187.
- Cavanagh, RD. et al. (2021). Future risk for southern ocean ecosystem services under climate change. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1224.

- CCAMLR (2014). CCAMLR Ecosystem Monitoring Program - Standard Methods. Hobart, Tasmania: CCAMLR
- CCAMLR (2018). Text of the Convention on the Conservation of Antarctic Marine Living Resources. <https://www.ccamlr.org/en/organisation/camlr-convention-text#II>
- Chown, SL. & Brooks, CM. (2019). The state and future of Antarctic environments in a global context. *Annual\_Review\_of\_Environment\_and\_Resources*, 44, 1-30.
- Cook, AJ. et al. (2016). Ocean forcing of glacier retreat in the western Antarctic Peninsula. *Science* 353: 283–286.
- Davis, AK. et al. (2008). The use of leukocyte profiles to measure stress in vertebrates: a review for ecologists. *Functional\_Ecology*, 22:760-777.
- Gallagher, AJ. et al. (2017). Energy landscapes and the landscape of fear. *TREE* 32(2):88–96
- Handley JM et al. (2016). Temporal variation in the diet of gentoo penguins at the Falkland Islands. *Polar\_Biol.* 39(2):283–96.
- Hazen, EL. et al. (2012). Ontogeny in marine tagging and tracking science: technologies and data gaps. *Marine\_Ecology\_Progress\_Series*, 457, 221-240.
- Hinke, JT. et al. (2017). Identifying risk: concurrent overlap of the Antarctic krill fishery with krill-dependent predators in the Scotia Sea. *PLoS\_One*, 12(1).
- Hogg, CJ. et al. (2020). Protect the Antarctic Peninsula—before it’s too late. *Nature*
- Juárez, MA. et al. (2020). Update of the population size and breeding performance of gentoo penguins (*Pygoscelis papua*) at Stranger Point/Cabo Funes, South Shetland Islands. *Polar\_Biology*, 43(2), 123-129.
- Juárez, MA. et al. (2021). Size structure of Antarctic krill inferred from samples of Pygoscelid penguin diets and those collected by the commercial krill fishery. *Marine\_Biology*, 168(3), 1-12.
- Kato, A. et al. (2009). Foraging behavior of Adélie penguins during incubation period in Lützow-Holm Bay. *Polar\_Biology*, 32(2), 181-186.
- Kennicutt II, MC. et al. (2019). Sustained Antarctic research: a 21st century imperative. *One\_Earth*, 1(1), 95-113.
- Krüger, L. et al. (2020). Antarctic krill fishery effects over penguin populations under adverse climate conditions: Implications for the management of fishing practices. *Ambio*, 50(3), 560-571.
- Le Bohec, C. et al. (2013). Polar monitoring: seabirds as sentinels of marine ecosystems. En: Verde, C. and di Prisco, G. (ed.) *From Pole to Pole: adaptations and evolution in marine environments*. Springer, pp. 205 – 230.
- Lynch, HJ. et al. (2010). Spatial patterns of tour ship traffic in the Antarctic Peninsula region. *Antarctic\_Science*, 22, 123-130.
- Masello, JF. et al. (2021). How animals distribute themselves in space: energy landscapes of Antarctic avian predators. *Movement\_Ecology*, 9(1), 1-25.
- Massom, R. et al. (2013). Change and variability in East Antarctic sea ice seasonality, 1979/80–2009/10. *PLoS\_One*, 8(5), e64756.
- Maxwell, MH. & GW Robertson. (1998). The avian heterophil leukocyte: a review. *World’s\_Poultry\_Science\_Journal* 54:155-178.
- Merino S. et al. (1999). Phytohaemagglutinin injection assay and physiological stress in nestling house martins. *Anim\_Behav.* 58(1):219–22
- Michel, LN. et al. (2019). Increased sea ice cover alters food web structure in East Antarctica. *Scientific\_Reports*, 9(1), 1-11.



- Miller, AK. et al. (2009). Flexible foraging strategies of Gentoo penguins *Pygoscelis papua* over 5 years in the South Shetland Island, Antarctica. *Marine\_Biology*, 156: 2527-2537.
- Moffat, C., & Meredith, M. (2018). Shelf–ocean exchange and hydrography west of the Antarctic Peninsula: a review. *Philosophical\_Transactions\_of\_the\_Royal\_Society\_A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 376(2122), 20170164.
- Morley, SA. et al. (2020). Global drivers on Southern Ocean ecosystems: changing physical environments and anthropogenic pressures in an Earth system. *Frontiers\_in\_Marine\_Science*, 7, 1097.
- Rogers, AD. et al. (2020). Antarctic Futures: An Assessment of Climate-Driven Changes in Ecosystem Structure, Function, and Service Provisioning in the Southern Ocean. *Ann. Rev. Mar. Sci.* 12, 87–120
- Ropert-Coudert, Y. et al. (2019). Happy feet in a hostile world? The future of penguins depends on proactive management of current and expected threats. *Frontiers\_in\_Marine\_Science*, 6, 248.
- Ropert-Coudert, Y. et al. (2012). Bio-logging: recording the ecophysiology and behaviour of animals moving freely in their environment. *Sensors for ecology: towards integrated knowledge of ecosystems*, 1, 17-41.
- Ropert-Coudert, Y. et al. (2018). Two recent massive breeding failures in an Adélie penguin colony call for the creation of a marine protected area in D'Urville Sea/Mertz. *Frontiers\_in\_Marine\_Science*, 5, 264.
- Schoener, TW. (1971). Theory of feeding strategies. *Annual review of ecology and systematics*, 2(1), 369-404.
- Shepard, E. et al. (2019). Wind prevents cliff-breeding birds from accessing nests through loss of flight control. *Elife*, 8, e43842.
- Siegert, M. et al. (2019). The Antarctic Peninsula under a 1.5°C global warming scenario. *Frontiers\_in\_Environmental\_Science*, 7, 102.
- Southwell, C. et al. (2015). Spatially extensive standardized surveys reveal widespread, multi-decadal increase in East Antarctic Adélie penguin populations. *PLoS\_One*, 10(10), e0139877.
- Stammerjohn, SE. et al. (2008). Trends in Antarctic annual sea ice retreat and advance and their relation to El Niño–Southern Oscillation and Southern Annular Mode variability. *Journal\_of\_Geophysical\_Research* 113: C03S90.
- Sylvester, ZT., & Brooks, CM. (2020). Protecting Antarctica through Co-production of actionable science: lessons from the CCAMLR marine protected area process. *Marine\_Policy*, 111, 103720.
- Trivelpiece, WZ. et al. (2011). Variability in krill biomass links harvesting and climate warming to penguin population changes in Antarctica. *PNAS*, 108(18).
- Wilson, RP et al. (2012). Construction of energy landscapes can clarify the movement and distribution of foraging animals. *Proc R Soc B.* 279(1730):975–80
- Wilson, RP et al. (1998). The movements of gentoo penguins *Pygoscelis papua* from Ardley Island, Antarctica. *Polar\_Biology*, 19(6), 407-413.

## PLAN DE TRABAJO

Actividad/Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
Procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek (DDU e ...	X	X	X	X	X																																	
Análisis de isótopos estables para inferir dieta (DDU e Isla Ardl ...		X	X	X	X																																	
Colocación de dispositivos de rastreo Axytrek en colonias de Peni ...						X	X	X																														
Procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek (tempor ...								X	X	X	X																											
Análisis de parámetros fisiológicos (DDU e Isla Ardley) ...											X	X																										
Caracterización y comparación de paisajes energéticos (DDU e Isla ...													X	X	X	X	X																					
Colocación de dispositivos de rastreo Axytrek en colonias de Peni ...																	X	X	X																			
Procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek (tempor ...																				X	X	X	X															
Procesamiento de datos de geolocalizadores para estimar áreas de ..																				X	X	X																
Identificación de zonas de pesca de krill y superposición con áre ...																						X	X	X	X	X	X											
Redacción de informes de proyecto, artículos científicos y tesis ...																																		X	X	X	X	X
Evaluación y defensa de tesis doctoral ...																																				X	X	

### Descripción de las actividades:

Actividad	Mes	Es hito	Descripción	Observaciones
	inicio/fin			

<p>Procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek (DDU e Isla Ardley)</p>	<p>1/5</p>	<p>NO</p>	<p>La actividad consiste en descargar, filtrar y curar información de más de 150 viajes de alimentación de 5-8 días de duración con datos de posición, velocidad, profundidad, etc., con una frecuencia de registro de milésimas de segundos, para su posterior análisis para estudiar patrones de buceo, áreas de forrajeo, superposición con área de pesca, etc.</p>	<p>La actividad requiere muchas horas de procesamiento automático de los datos, y de depuración manual de los mismos, incluye aprender a usar los paquetes informáticos apropiados para estas tareas. Se prevé una estancia del Dr. Soutullo y la MSc. Machado en el CEBC bajo la supervisión de los Dres. Kato y Ropert-Coudert, para entrenamiento en el uso de los paquetes informáticos y las técnicas de depuración y análisis de datos.</p>
<p>Análisis de isótopos estables para inferir dieta (DDU e Isla Ardley)</p>	<p>2/5</p>	<p>NO</p>	<p>La actividad consiste en procesar muestras de sangre para calcular las proporciones de los distintos isótopos estables de C y N, utilizando espectrometría de masas, y en base a esa información realizar análisis estadísticos que permitan caracterizar e interpretar la amplitud y otros estimadores de la dieta de ambas especies en los ambos sitios y hacer comparaciones.</p>	<p>La actividad prevé una estancia de la MSc. Machado en el CEBC para realizar los análisis de laboratorio utilizando las infraestructuras y equipamiento del centro, bajo la supervisión del Dr. Angelier</p>

Colocación de dispositivos de rastreo Axytrek en colonias de Península Antártica (2022/2023)	6/8	NO	La actividad consiste en la captura para colocación de los dispositivos y posterior recaptura para la recuperación de los mismos, de unos 40 individuos en cada una de las 3 localidades a estudiar.	Requiere el trabajo en campo en simultaneo de 3 equipos: coordinados por la Dra. Juárez (Pta. Stranger), la MSc. Machado (Isla Ardley) y la Lic. Silvestro (Bahía Esperanza).
Procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek (temporada 2022/2023)	8/11	NO	La actividad consiste en descargar, filtrar y curar información de más de 100 viajes de alimentación	Se prevé una estancia en el CURE de la Lic. Silvestro para trabajar en el procesamiento y análisis de los datos bajo la supervisión del Dr. Soutullo y la MSc. Machado.
Análisis de parámetros fisiológicos (DDU e Isla Ardley)	11/12	NO	La actividad consiste en el análisis de muestras de sangre para calcular indicadores del estado fisiológico (estrés oxidativo y proporción de tipos de leucocitos).	Se prevé una estancia de la MSc. Machado en el MNCN para realizar los análisis de laboratorio utilizando las infraestructuras y equipamiento del museo, bajo la supervisión del Dr. Barbosa

Caracterización y comparación de paisajes energéticos (DDU e Isla Ardley)	13/17	SI	La actividad consiste en integrar la información de movimiento, dieta, condición fisiológica y éxito reproductivo de las colonias, para determinar los paisajes energéticos utilizados por los individuos rastreados, y analizar estadísticamente diferencias entre especies, localidades y temporadas para poner a prueba las hipótesis del proyecto y responder las preguntas planteadas en los Objetivos 1 y 2 del proyecto.	La elaboración de paisajes energéticos requiere el calculo de parámetros como la Aceleración Corporal Dinámica Global o el costo metabólico mínimo de viaje. Se prevé una estancia del Dr. Soutullo y la MSc. Machado en el CEBC bajo la supervisión de los Dres. Kato y Ropert-Coudert, para capacitación en el calculo de los parámetros necesarios, y entrenamiento en el uso de los paquetes informáticos y las técnicas de análisis de datos requeridos para la caracterización de los paisajes energéticos.
Colocación de dispositivos de rastreo Axytrek en colonias de Península Antártica (2023/2024)	18/20	NO	La actividad consiste en la captura para colocación de los dispositivos y posterior recaptura para la recuperación de los mismos, de unos 40 individuos en cada una de las 3 localidades a estudiar.	Requiere el trabajo en campo en simultaneo de 3 equipos: coordinados por la Dra. Juárez (Pta. Stranger), la MSc. Machado (Isla Ardley) y la Lic. Silvestro (Bahía Esperanza).
Procesamiento de datos de dispositivos de rastreo Axytrek (temporada 2023/2024)	20/23	NO	La actividad consiste en descargar, filtrar y curar información de más de 100 viajes de alimentación	

<p>Procesamiento de datos de geolocalizadores para estimar áreas de distribución en invierno</p>	<p>21/23</p>	<p>NO</p>	<p>La actividad consiste en descargar los datos de los geolocalizadores (GLS) y calcular el área potencial de invernada de los pingüinos Adelia creando un polígono que contenga todas las posiciones derivadas de los GLS</p>	
<p>Identificación de zonas de pesca de krill y superposición con áreas utilizadas en verano e invierno</p>	<p>24/29</p>	<p>SI</p>	<p>La actividad consiste en procesar la información espacial del Sistema de Observación Científica Internacional de la CCRVMA para delimitar las áreas de actividad pesquera en el área 48 de la CCRVMA, y analizar la superposición con el área utilizada por los individuos marcados con geolocalizadores durante el invierno 2020/2021, y durante los períodos de los veranos 2022/2023 y 2023/2024 correspondientes a más de 200 viajes de alimentación monitoreados con dispositivos Arytrek.</p>	<p>Esta actividad también involucra el análisis de las diferencias en el comportamiento de forrajeo (patrones de buceo, etc.) y las características de las áreas de alimentación utilizadas por individuos provenientes de las 3 colonias de la Península Antártica estudiadas.</p>

Redacción de informes de proyecto, artículos científicos y tesis doctoral	30/36	NO	<p>Esta actividad consiste en la sistematización y síntesis de toda la información generada por el proyecto, y la elaboración de los documentos técnicos y científicos que constituyen los principales productos generados por el mismo. También la redacción de la tesis de doctorado prevista, y de los documentos que permitan dar cuenta a las instituciones involucradas de las actividades realizadas y los avances logrados.</p>	<p>Este período también permite asimilar retrasos que puedan ocurrir en las actividades previstas en meses anteriores, y es además el período en el que será posible asignar una prioridad elevada a establecer las colaboraciones que permitan alcanzar los impactos señalados en el proyecto.</p>
Evaluación y defensa de tesis doctoral	35/36	SI	<p>Esta actividad cubre el período que va desde el momento en que la estudiante presenta su tesis al tribunal, al momento de la defensa de la misma. Incluye la realización de los cambios indicados por el tribunal en el texto final de la tesis, y la preparación de la defensa de la misma.</p>	

## IMPACTOS ESPERADOS DEL PROYECTO

### Impacto Nº 1

#### Impacto:

La CCRVMA es una comisión internacional que cuenta con 26 países Miembros, y con otros 10 países que se han adherido a la Convención para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos, y de la que Uruguay es parte. La participación de Uruguay en la CCRVMA y demás acuerdos del Sistema del Tratado Antártico constituye una componente relevante de la política exterior del país, que contribuye a la agenda positiva de Uruguay con otros países y bloques. Basándose en los mejores conocimientos científicos disponibles, la CCRVMA adopta un conjunto de medidas de conservación que regulan la utilización de los recursos vivos marinos en la Antártida. Esto permite la captura de organismos en la medida en que esta se realice de manera sostenible y se tomen en cuenta los efectos de la pesca sobre el resto de componentes del ecosistema. Se espera que este proyecto contribuya a: 1) sostener las posiciones nacionales en ámbitos de negociación internacional, contribuyendo a la imagen internacional del país; 2) aumentar la superficie de océano bajo algún grado de protección, como medida de adaptación y mitigación al cambio climático, y de gestión racional de los ecosistemas marinos, y 3) la explotación sustentable de recursos pesqueros.

Concretamente, el proyecto busca generar información directamente dirigida a brindar información para determinar la cuota de pesca anual de krill en el área 48 de la CCRVMA (medida de conservación 51.07) y contribuir al diseño de un Área Marina Protegida destinada a asegurar la viabilidad de este recursos y su explotación sostenible en el entorno de la Península Antártica. Ambas medidas están siendo actualmente intensamente analizadas por la CCRVMA. El área 48 concentra casi la totalidad de la pesca de krill que se realiza en el océano austral. Más de 450.000 toneladas fueron capturadas en dicha área en el año 2020. La pesca de krill representa a su vez cerca del 95% de la captura de recursos marinos vivos que se realiza en el océano austral. La mayor parte de ese krill se utiliza para producir forraje para acuicultura y complementos nutricionales. La actividad pesquera en el área 48 de CCRVMA constituye la base de esas cadenas productivas. Para la próxima temporada de verano han pedido autorización para operar en la zona 15 buques. Esto representa un aumento significativo en relación a años anteriores (e.g., en la temporada 2017/2018 operaron 11). Estos buques pertenecen a Chile, China, Corea del Sur, Noruega, Rusia y Ucrania. Algunas de estas empresas utilizan el puerto de Montevideo como base logística (e.g., <https://www.akerbiomarine.com/>), reportando beneficios directos para el sector logístico del país.

#### Beneficiarios potenciales:



Para los países que integran la CCRVMA este proyecto prevé producir información relevante para su tarea de gestionar de forma sustentable los recursos marinos vivos del océano austral. Desde el punto de vista económico la explotación sustentable (i.e., el mantenimiento de las actividades productivas vinculadas o derivadas de la pesca de krill) beneficia directamente a organismos, empresas y personas que operan (e.g., pescan, monitorean o regulan la actividad) en el área 48 de la CCRVMA, brindan apoyo logístico a estas actividades, o utilizan los productos capturados como base para su propia actividad productiva (e.g., acuicultura o producción de complementos alimenticios), incluyendo los intermediarios y personas y empresas que utilizan esos productos (e.g., consumen) o generan productos o servicios derivados, o producen insumos o servicios necesarios para su producción o comercialización.

**Cuantificación del impacto:**

Este impacto debería traducirse en: 1) una mejora en la imagen internacional del país; 2) un aumento en la superficie marina protegida; 3) estabilidad en los stocks de krill; y 4) mantenimiento de las fuentes de trabajo directamente vinculadas a la actividad pesquera en el océano austral. Concretamente, para el quinquenio posterior a la finalización del proyecto, esto debería verse reflejado en que: 1) haya aumentado el número de acuerdos de cooperación entre Uruguay y otros Miembros del Sistema Antártico, para promover la investigación y conservación de la Antártida y el Océano Austral; 2) haya aumentado el número de documentos de trabajo presentados por Uruguay en los foros científicos de la CCRVMA; 3) se hayan establecido nuevas cuotas de pesca en el área 48 de CCRVMA, incorporando sugerencias derivadas de este proyecto a la hora de establecer esos valores; 4) se haya aprobado la creación del AMP en la zona occidental de la Península Antártica y Sur del Arco de Scotia, aumentando en más de 650.000 km<sup>2</sup> la superficie de áreas marinas protegidas a nivel global; 5) se hayan mantenido estables los stocks de krill en el área 48 de la CCRVMA; 6) se haya mantenido estable en Uruguay el número de puestos de trabajo directamente vinculados a la actividad pesquera en el océano austral (personal de buques y observadores, personal portuario y de servicios de abastecimiento, personal de mantenimiento, reparaciones y apoyo logístico, personal de plantas de procesamiento, oficinas comerciales y gerencia, etc.).

**Observaciones:**

-

**OTROS IMPACTOS**

**Contribuciones del proyecto:**

**Describir las contribuciones que se espera tener con el desarrollo del proyecto en términos de: a) el avance del conocimiento, b) la formación de recursos humanos, en particular de la formación de estudiantes de grado, maestría, doctorado y/o post-doctorado (u otros procesos formales de formación), c) generación de nuevas capacidades científico-tecnológicas, d) vinculación con la diáspora, e) otros.**

a) Para lograr medidas de conservación y gestión efectivas se requiere incrementar nuestros conocimientos sobre la biología de las especies comercialmente explotadas y de las especies dependientes de ellas. En este sentido, el desarrollo del proyecto propuesto permitirá expandir nuestro entendimiento sobre ecología de los pingüinos Pygoscelidos, un grupo de depredadores dependientes del krill. A través de un enfoque a diferentes escalas y regiones, se pretende expandir y profundizar el conocimiento de las estrategias de vida de las especies estudiadas, mejorar nuestra comprensión sobre los potenciales efectos de la variabilidad ambiental y las actividades humanas sobre las poblaciones de estas especies y la salud del ecosistema marino en general, y generar información relevante para la adopción de medidas eficientes de conservación y gestión de los recursos. Toda la información obtenida a través del proyecto contribuirá con información de base para las discusiones de la CCRVMA en torno al límite de captura de pesca de krill antártico permitido en el área 48 (medida de conservación 51.07), y a los esfuerzos internacionales destinados a la creación de un AMP al oeste de la Península Antártica y sur del Arco de Scotia. El proyecto permitirá profundizar en el conocimiento sobre diferentes aspectos de la ecología trófica y de forrajeo, ecofisiología, comportamiento y adecuación biológica de las especies estudiadas, la variabilidad de estos parámetros en distintos contextos ambientales y de actividad humana, y los mecanismos ecológicos subyacentes a los cambios poblacionales observados.

b) A través del presente proyecto se espera desarrollar una tesis doctoral y compilar información para el desarrollo de al menos un postdoctorado por parte de integrantes del equipo del proyecto. Asimismo, se espera brindar oportunidades para el desarrollo de tesis de grado y Maestría para estudiantes de la Universidad de la República y la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) y organizar al menos un curso de posgrado sobre Ecología del movimiento o Introducción al sistema antártico, en el marco del PEDECIBA.

c) El proyecto permitirá a las contrapartes nacionales formarse en el marco teórico y entrenarse en el uso de herramientas para el análisis del comportamiento de movimiento y el seguimiento de individuos mediante el uso de distintos tipos de dispositivos de rastreo. Se espera así capacitarse en: 1) el análisis de patrones de buceo, estrategias de forrajeo, energética del movimiento y ecología espacial, y en la integración de esa información con información sobre ecofisiología y ecología trófica para la elaboración de paisajes energéticos; y 2) la aplicación de estos análisis para el abordaje de preguntas teóricas y aplicadas en diversas áreas de la ecología, el comportamiento, la biología evolutiva y el manejo ecosistémico y de poblaciones. Estas aplicaciones trascienden ampliamente la región o las especies estudiadas en este proyecto.

d) El proyecto permitirá a su vez estrechar vínculos de trabajo y cooperación entre las cuatro instituciones involucradas, y potenciar un área de investigación incipiente en Uruguay, con el apoyo de referentes internacionales en la temática.

**Riesgos:**

**Identificar los riesgos que podrán presentarse durante la ejecución del proyecto, así como las acciones a realizar para su mitigación.**

Una parte sustancial de los datos y muestras que es necesario analizar para cumplir con los objetivos de este proyecto ya están disponibles y guardados en las instalaciones de algunas de las instituciones participantes. Estas cuentan con los equipos y los materiales necesarios para su procesamiento. El principal desafío para el proyecto es contar con una alta dedicación al procesamiento y análisis de esos datos y muestras, por parte de los recursos humanos del proyecto. La principal limitante para este proyecto sería la ausencia de una beca que permita a la estudiante doctoral una alta dedicación a las tareas descritas en la propuesta. Otra limitante podrían ser dificultades en la movilidad para realizar las tareas que es necesario desarrollar en los laboratorios extranjeros. En el caso de dificultades en la movilidad una alternativa es una mayor dedicación al proyecto de los investigadores extranjeros, y/o la incorporación de estudiantes de grado locales que puedan hacer estancias o pasantías en los laboratorios, o incluso la contratación de técnicos por períodos acotados con los fondos asignados a movilidad que no puedan ser ejecutados. Esto podría implicar algún retraso en los tiempos de ejecución previstos, pero no imposibilita el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

El objetivo dependiente de la colecta de nuevos datos es el Objetivo Específico 3. En particular el 3.b. La logística antártica es compleja y sujeta a múltiples imprevistos. El trabajo de campo se enmarca en programas de investigación de largo plazo del IAA, que forman parte de su operativa normal, y que se prevé realizar con el apoyo del IAA. No obstante, pueden existir imponderables que afecten las fechas de ingreso a la bases antárticas o el número de personas que puedan ser desplegadas, como ocurrió en el último verano como consecuencia de la pandemia por COVID-19. En este caso es posible que algún año no puedan colectarse datos en alguno de los sitios previstos. Sin embargo, es altamente improbable que a lo largo de los 3 años no sea posible coleccionar muestras en ninguno de los 3 sitios, y a la vez es altamente probable que sea posible coleccionar datos para cada sitio al menos una vez en los 3 años. Adaptarse a esta incertidumbre puede requerir algunos cambios en la temporalidad prevista para la ejecución de las actividades del proyecto, y afectar negativamente el número final de datos sobre los que basar los análisis. Esto puede afectar negativamente la robustez de las conclusiones, pero no imposibilita el cumplimiento de los objetivos previstos.

**PROPIEDAD Y USO DE LOS RESULTADOS**

Numero	Resultado	Factibilidad	Apropiación
--------	-----------	--------------	-------------

## OTROS ASPECTOS

### Divulgación:

**Se entiende por divulgación aquellas acciones que tengan como fin la comunicación de los conocimientos adquiridos a un público amplio no especializado. Se procurarán modalidades y estilos de comunicación accesibles para quienes no conocen sobre la temática específica, con miras a promover diálogos con distintos sectores sociales y contribuir a los procesos de democratización y apropiación social del conocimiento.**

Este proyecto contribuye directamente dos elementos centrales de la política nacional antártica: a) promover y difundir la conciencia e identidad antártica del país; b) crear un mecanismo de difusión y contribuir al conocimiento, cultura e identificación de nuestra ciudadanía con las actividades antárticas (Decreto 388/019).

Los dos investigadores uruguayos del proyecto integran el Espacio de Actividades Antárticas (EAA) del CURE que tiene entre sus objetivos promover el desarrollo de actividades de investigación, docencia, formación de recursos humanos y extensión en temáticas antárticas, así como brindar asistencia técnica a instituciones del Programa Nacional Antártico que lo requieran. Los resultados de este proyecto se integrarán directamente a la actividades desarrolladas por el EAA.

El proyecto busca generar información relevante para establecer posiciones nacionales sobre temas en discusión actualmente en la CCRVMA. Existe una fluida interacción entre los integrantes uruguayos del proyecto y la dirección de la Cancillería que coordina la participación de Uruguay en CCRVMA. El proyecto "A science-policy interface to support the work of Uruguay's CCAMLR National Committee (CICU)" financiado por el Fondo de Desarrollo de la Capacidad General de CCRVMA, que coordina el responsable de esta propuesta, establece un ámbito explícito de interface entre el CURE y Cancillería a estos efectos, y actuará como facilitador para la transferencia del conocimiento generado por este proyecto.

Por último, los integrantes uruguayos del proyecto mantienen un estrecho vínculo de colaboración con el Grupo Interinstitucional en Educación Antártica (GIEA), integrado por representantes del Instituto Antártico Uruguayo (IAU), ANEP, Udelar, Plan Ceibal y el MEC. Este grupo busca fomentar la educación científica, aprovechando a la Antártida como un contexto privilegiado para el desarrollo de conocimientos, capacidades y aprendizajes, y propiciar experiencias de trabajo interdisciplinar y colaborativo. A lo largo del proyecto se espera mantener un vínculo permanente con el GIEA para identificar formas de contribuir desde el proyecto, con su trabajo. Los pingüinos son bioindicadores del estado de salud de los ecosistemas y, al mismo tiempo, son aves carismáticas y populares que generan empatía en niños y adultos. En función de ello, son especies emblemáticas que tienen un gran valor biológico y ecológico, y despiertan el interés de la sociedad. Por ello, juegan un papel fundamental en la educación, dado que resultan apropiadas para dar a conocer los problemas ambientales al público en general y así reforzar el vínculo entre la sociedad y el medio ambiente.

### Difusión de los resultados:

**Se entiende por difusión aquellas acciones que tengan como fin la comunicación de resultados científicos del proyecto a un público académico especializado.**

**Por ejemplo, se podrán incluir actividades relacionadas a congresos y eventos académicos.  
Indicar las actividades a desarrollar.**

Se prevé comunicar los avances en la investigación desarrollada en el marco de este proyecto al menos en los siguientes ámbitos:

reuniones del Grupo de Trabajo en Monitoreo y Manejo Ecosistémico de la CCRVMA (WG-EMM) de los años 2023, 2024 y 2025

-SCAR Open Science Conference del año 2024

-Congresos Latinoamericanos de Ciencia Antártica de los años 2023 y 2025

-Jornadas Científicas del Comité National Français des Recherches Arctiques et Antarctiques (CNFRA) de los años 2023, 2024 y 2025

-Congreso Latinoamericano de Ciencias del Mar (COLACMAR) de los años 2023 y 2025

-International Penguin Conference del año 2025

-Reunión Argentina de Ornitología del año 2024

-Reunión Argentina de Ecología del año 2023

-Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar (Argentina) del año 2024,

-Simposio de Estudios Polares (España) en fecha a confirmar

-Congreso Uruguayo de Zoología de los años 2023 y 2025

Un ámbito central para canalizar la información generada por este proyecto hacia otros ámbitos científicos, pero también a ámbitos de toma de decisión, como el Comité de Protección Ambiental del Tratado Antártico o la CCRVMA, es el "Integrated science to inform antarctic and southern ocean conservation" (Ant-ICON) Scientific Research Programme de SCAR (<https://www.scar.org/>), cuyo objetivo es integrar la investigación de múltiples disciplinas, complementando las actividades existentes de SCAR y trabajando con la retroalimentación de los organismos políticos para lograr resultados de conservación y mejorar la gestión ambiental en la Antártida y el Océano Austral.

Finalmente, se espera generar cerca de una decena de publicaciones científicas en revistas de impacto, en temas que incluyen:

1. Variabilidad y diferencias a escala local, regional y continental en el comportamiento de forrajeo, dieta y uso del espacio de pingüinos Papúa y Adelia;
2. Efectos del cambio climático, la pesca y las actividades humanas en el entorno de las colonias, en los patrones de forrajeo y uso del espacio de pingüinos Papúa y Adelia durante la época reproductiva, consecuencias a nivel individual y poblacional, y posibles medidas de mitigación;
3. Diferencias en la amplitud/plasticidad en la dieta como determinante de las diferencias en las tendencias poblacionales de pingüinos Adelia y Papúa;
4. Identificación de áreas de invernada de pingüinos Adelia en la Península Antártica y posibles conflictos con la actividad pesquera;
5. Identificación de posibles conflictos entre la actividad pesquera y las áreas de forrajeo de pingüinos Adelia y Papúa en la Península Antártica durante la época reproductiva, y posibles medidas para minimizar impactos.

## IMPACTO AMBIENTAL

**Impacto ambiental:** No requiere Autorización Ambiental Previa

## ASPECTOS ÉTICOS

### Aspectos éticos:

---

Este proyecto involucra manipulación de animales, e ingreso a Zonas Antárticas Especialmente Protegidas (ZAEP), que en el área del Tratado Antártico se regulan conforme a lo que establece el Protocolo al Tratado Antártico sobre Protección del Medio Ambiente. En el caso del personal uruguayo, la manipulación de animales se realizará de acuerdo al protocolo remitido a la CHEA (ver Documentos Adjuntos). Los permisos de ingreso a ZAEP e intromisión perjudicial sobre fauna y flora se tramitan anualmente ante el IAU, previo al inicio de la campaña antártica, y como parte de las actividades previstas del proyecto “Pingüinos como centinelas del impacto antrópico y cambio climático en el ecosistema antártico”.

En el caso del personal argentino, todos los procedimientos considerados en las actividades de campo propuestas se llevarán a cabo según las directrices internacionales, nacionales y/o institucionales apropiadas para garantizar el cuidado de los animales involucrados. Además, la oficina de Gestión Ambiental y Turismo de la Dirección Nacional del Antártico otorgará anualmente los permisos correspondientes para desarrollar todas las actividades que requieran la toma y/o intromisión sobre la fauna, la recolección de muestras y el ingreso a las zonas protegidas – previa evaluación ambiental de las actividades programadas para cada campaña antártica, según los lineamientos planteados en el Protocolo de Madrid. Los trámites pertinentes serán realizados por el personal argentino, como parte de las actividades regulares del Proyecto Institucional “Monitoreo del Ecosistema – CCRVMA” (PI 05).

Señalar si el proyecto requiere de la aprobación de un Comité de Ética: SI

**PRESUPUESTO POR RUBRO****Adecuación edilicia**

Descripción	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:			0

**Equipamiento laboratorio**

Descripción	Cantidad	Tipo	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:					0

**Otros equipos**

Descripción	Cantidad	Tipo	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:					0

**Material bibliográfico**

Descripción	Cantidad	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:				0

**Materiales e insumos**



Descripción	Cantidad	ANII	Otros aportes	Total
data logger (GPS, accelerometer, pressure sensor) Axy-Trek Marine - Techno Smart	10	358.000	0	358.000
Equipo de nieve para trabajo de campo (campera, pantalón, botas)	3	111.100	0	111.100
<b>Total UYU:</b>				<b>469.100</b>

### Software y licencias

Descripción	Cantidad	ANII	Otros aportes	Total
<b>Total UYU:</b>				<b>0</b>

### Personal técnico

RRHH	Rol	ANII	Otros aportes	Total
Anahi Silvestro	Técnico de apoyo	240.000	0	240.000
<b>Total UYU:</b>				<b>240.000</b>

### Consultores

RRHH	Rol	ANII	Otros aportes	Total
<b>Total UYU:</b>				<b>0</b>

### Capacitación

RRHH	Rol	Organización	Descripción	Duración	ANII	Otros aportes	Total
<b>Total UYU:</b>							<b>0</b>

### Servicios

Descripción	Duración	Proveedor	ANII	Otros aportes	Total
<b>Total UYU:</b>					<b>0</b>

### Viáticos y estadías

RRHH	Rol	Destino	Duración	ANII	Otros aportes	Total
Ana Laura MACHADO GAYE	Becario	París	15	105.000	0	105.000
Alvaro Alberto SOUTULLO BUGALLO	Responsable técnico-científico	París	15	105.000	0	105.000
Ana Laura MACHADO GAYE	Becario	Madrid	15	105.000	0	105.000
Ana Laura MACHADO GAYE	Becario	Buenos Aires	10	43.000	0	43.000
Alvaro Alberto SOUTULLO BUGALLO	Responsable técnico-científico	Buenos Aires	10	43.000	0	43.000
<b>Total UYU:</b>						<b>401.000</b>

### Protección propiedad intelectual

Descripción	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:			0

### Imprevistos

Descripción	ANII	Otros aportes	Total
Imprevistos (5%)	59.055	0	59.055
Total UYU:			59.055

### Profesores visitantes

RRHH	Rol	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:				0

### Promoción y difusión

Descripción	Cantidad	ANII	Otros aportes	Total
Total UYU:				0

### Gastos de administración

Descripción	ANII	Otros aportes	Total
Administración (5%)	59.055	0	59.055

<b>Total UYU:</b>	<b>59.055</b>
-------------------	---------------

### Pasajes

RRHH	Rol	Destino	Duración	ANII	Otros aportes	Total
Ana Laura MACHADO GAYE	Becario	París	15	33.000	0	33.000
Alvaro Alberto SOUTULLO BUGALLO	Responsable técnico-científico	París	15	33.000	0	33.000
Ana Laura MACHADO GAYE	Becario	Buenos Aires	10	2.500	0	2.500
Alvaro Alberto SOUTULLO BUGALLO	Responsable técnico-científico	Buenos Aires	10	2.500	0	2.500
<b>Total UYU:</b>						<b>71.000</b>

### Divulgación

Descripción	ANII	Otros aportes	Total
<b>Total UYU:</b>			<b>0</b>

## TOTALES POR RUBRO

Rubro	ANII	Otros aportes	Total
Adecuación edilicia	0	0	0
Equipamiento laboratorio	0	0	0
Otros equipos	0	0	0
Material bibliográfico	0	0	0
Materiales e insumos	469.100	0	469.100
Software y licencias	0	0	0
Personal técnico	240.000	0	240.000
Consultores	0	0	0
Capacitación	0	0	0
Servicios	0	0	0
Viáticos y estadías	401.000	0	401.000
Protección propiedad intelectual	0	0	0
Imprevistos	59.055	0	59.055
Profesores visitantes	0	0	0
Promoción y difusión	0	0	0
Gastos de administración	59.055	0	59.055
Pasajes	71.000	0	71.000
Divulgación	0	0	0
<b>Total UYU</b>	<b>1.299.210</b>	<b>0</b>	<b>1.299.210</b>

## EQUIPAMIENTO DISPONIBLE ACTUALMENTE PARA LA REALIZACIÓN DEL PROYECTO

Equipamiento disponible actualmente para la realización del proyecto :

Mencionar las instalaciones, equipos y materiales disponibles, así como el acceso a bases de datos o acuerdos de colaboración, autorizaciones de comités e instituciones que garanticen el desarrollo del plan de trabajo.

Las cuatro instituciones participantes (CURE, IAA, CEBC y MNCN) cuentan con todas las infraestructuras (oficinas y laboratorios), equipos y materiales necesarios para el desarrollo de este proyecto, y estarán a disposición del equipo del proyecto. EL CEBC brindará el marco para los análisis de datos provenientes de dispositivos de rastreo y los análisis de isótopos estables, el MNCN para los análisis fisiológicos, y el IAA para las actividades en terreno en el entorno de sus bases antárticas. Enmarcado en el Proyecto Institucional “Monitoreo del Ecosistema – CCRVMA” (PI 05), el IAA brindará apoyo logístico para los traslados y acceso a los sitios de muestreo, así como el personal de apoyo, equipos, medios e infraestructuras necesarias para el desarrollo de las actividades de campo.

Como ya se ha indicado, parte de los costos de movilidad de este proyecto se cubren con financiación específica aprobada al responsable del proyecto, que no se detalla en esta propuesta. Los gastos que no se cubren con los fondos solicitados, incluyendo los costos asociados a los análisis de laboratorio y las actividades campo, son cubiertos “in kind” por los proyectos de los demás investigadores previamente mencionados, o por las instituciones participantes. Estos aportes, que incluyen e.g., sueldos de los investigadores que participan, insumos de laboratorio, uso de equipos e infraestructuras científicas, incluyendo bases antárticas, equipamiento para operar en condiciones polares, y costos de transporte y permanencia en la Antártida, no están cuantificados de forma tal que resulte posible desglosarlos en el presupuesto de esta propuesta.

## DOCUMENTOS ADJUNTOS

CV (CV Marciau)

CV (CV Kato)

CV (CV Juarez)

CV (CV Silvestro)

CV (CV Angelier)

CV (CV Ropert-Coudert)

CV (CV Barbosa)

Carta aval de otras instituciones participantes (Aval MNCN)

Carta aval de otras instituciones participantes (aval CEBC)

Declaración jurada de carga horaria laboral (declaracion Soutullo)

Carta aval de la institución donde se ejecutará el proyecto. (Aval CURE)

Declaración jurada de carga horaria laboral (declaracion Machado)

---

Declaración jurada de carga horaria laboral (declaracion Juri)

Otros (Figura 1)

Carta aval de otras instituciones participantes (aval IAA)

Declaración jurada de carga horaria laboral (declaracion Teixeira)

Comprobante de tramitación (tramite protocolo experimentacion animal)

Otros (Potenciales financiadores)

**Exportador de : FCE\_1\_2021\_1**