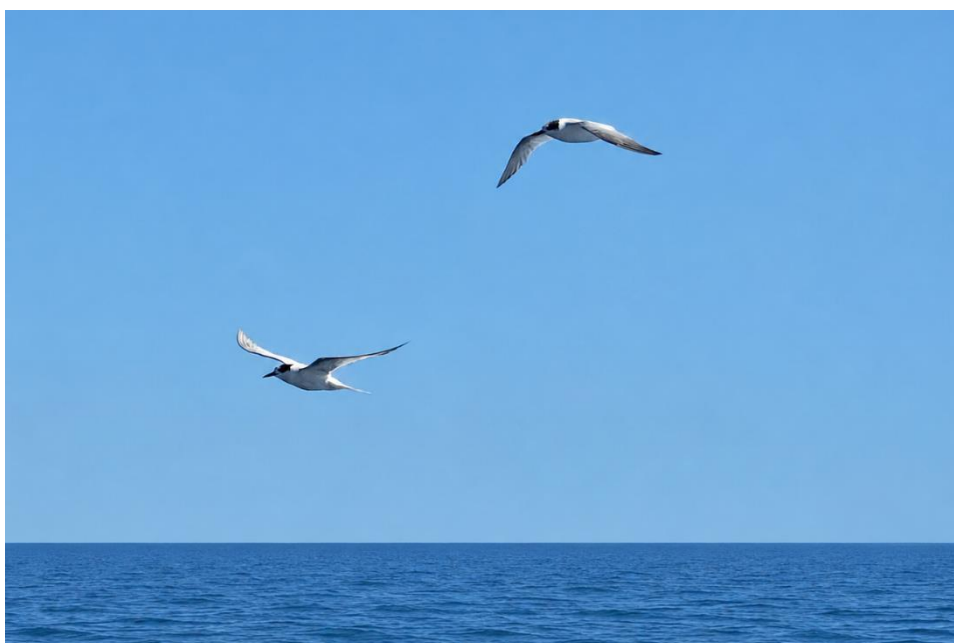


Serie: Informes científico-técnicos del
Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras

Informe Técnico N°55

Ecología trófica del Gaviotín golondrina *Sterna hirundo* durante
su temporada no-reproductiva: variación temporal de la dieta
en relación a variables oceanográficas



Autores: Maria Emilia Maniago, Jesica Andrea Paz y Rocio Mariano y Jelichich

Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC) UNMdP-CONICET
Mar del Plata, Argentina

Mar del Plata, julio 2026

Citar como: Maniago ME Paz JA, Mariano y Jelichich R. 2026. Ecología trófica del Gaviotín golondrina *Sterna hirundo* durante su temporada no-reproductiva: variación temporal de la dieta en relación a variables oceanográficas. Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras N°55 (UNMdP-CONICET). 10pp. ISSN 2796-9088

Este informe se ha elaborado en respuesta a una solicitud presentada por el Ministerio de Ambiente del Gobierno de la Provincia de Buenos Aires.

Las opiniones expresadas en este producto informativo son las de su(s) autor(es), y no reflejan necesariamente los puntos de vista o políticas del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras.

ISSN 2796-9088

La “Serie: Informes científico-técnicos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras” se aloja en el sitio <https://www.iimyc.gov.ar/iimyc/es/informes-tecnicos/>

La utilización, redistribución, traducción y creación de obras derivadas de la presente publicación están autorizadas, a condición de que se cite la fuente original y que las obras que resulten sean publicadas bajo las mismas condiciones de libre acceso. Esta licencia se aplica exclusivamente al texto de la presente publicación. Para utilizar cualquier otro material que aparezca en ella (tal como textos, imágenes, ilustraciones o gráficos), será necesario pedir autorización a la Dirección del IIMyC iimyc@mdp.edu.ar. No está permitido utilizar el logotipo del IIMyC.

Si la obra se traduce, debe añadirse el siguiente descargo de responsabilidad junto a la referencia requerida: “La presente traducción no es obra del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC). El IIMyC no se hace responsable del contenido ni de la exactitud de la traducción. La edición original en el/los idiomas que se publique será el texto autorizado”.

Mar del Plata, julio 2026

ECOLOGÍA TRÓFICA DEL GAVIOTÍN GOLONDRINA *STERNA HIRUNDO* DURANTE SU TEMPORADA NO-REPRODUCTIVA: VARIACIÓN TEMPORAL DE LA DIETA EN RELACIÓN A VARIABLES OCEANOGRÁFICAS

María Emilia Maniago¹, Jesica Andrea Paz¹, Rocío Mariano y Jelich¹

¹ Grupo Ecología y Conservación de Aves Marinas y Costeras, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC), Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Consejo Nacional de Investigaciones Científica y Técnicas (CONICET), Mar del Plata, Argentina. Correspondencia: María Emilia Maniago <malumaniago@hotmail.com>

RESUMEN. El Gaviotín golondrina (*Sterna hirundo*) es un ave marino costera neártica que en Sudamérica presenta una de las principales áreas de invernada en Punta Rasa (Buenos Aires, Argentina). Con el fin de analizar la variabilidad interanual en la dieta del Gaviotín golondrina se realizaron análisis de isótopos estables sobre muestras de sangre de individuos capturados en el periodo 2013-2018 durante la etapa final de su temporada no reproductiva en Punta Rasa, para posteriormente contrastarla con información ambiental. Se estimó la amplitud de sus nichos isotópicos y contribución de presas potenciales a la dieta a partir de la aplicación de modelos bayesianos basados en elipses estándar y modelos bayesianos de mezcla respectivamente. Se identificaron diferencias significativas en la composición isotópica y amplitud de nichos entre temporadas. Los modelos de mezcla revelaron contribuciones predominantes de estadios tempranos de Anchoíta (*Engraulis anchoíta*) en todas ellas. Para evaluar la posible influencia de factores ambientales sobre la variabilidad en la dieta de los gaviotines, en un primer lugar se descargó y filtró información oceanográfica, como Salinidad, Temperatura Superficial del Mar, concentración de Clorofila a y Turbidez en forma de imágenes satelitales a partir de diferentes repositorios de datos satelitales. Posteriormente se evaluó la influencia de estas variables sobre la información isotópica de las temporadas muestreadas mediante la aplicación de Modelos Lineales Generalizados. Los modelos indicaron que la variabilidad isotópica se asoció positivamente con la concentración de Clorofila a y negativamente con la Temperatura Superficial del Mar. Los resultados obtenidos destacan la importancia de complementar las metodologías tradicionales con análisis de isótopos estables, al identificar la contribución predominante de individuos de estadios tempranos de anchoíta previamente no identificados en la dieta de los gaviotines. A su vez, respaldan la existencia de una asociación entre variabilidad en la dieta la especie y la variabilidad ambiental.

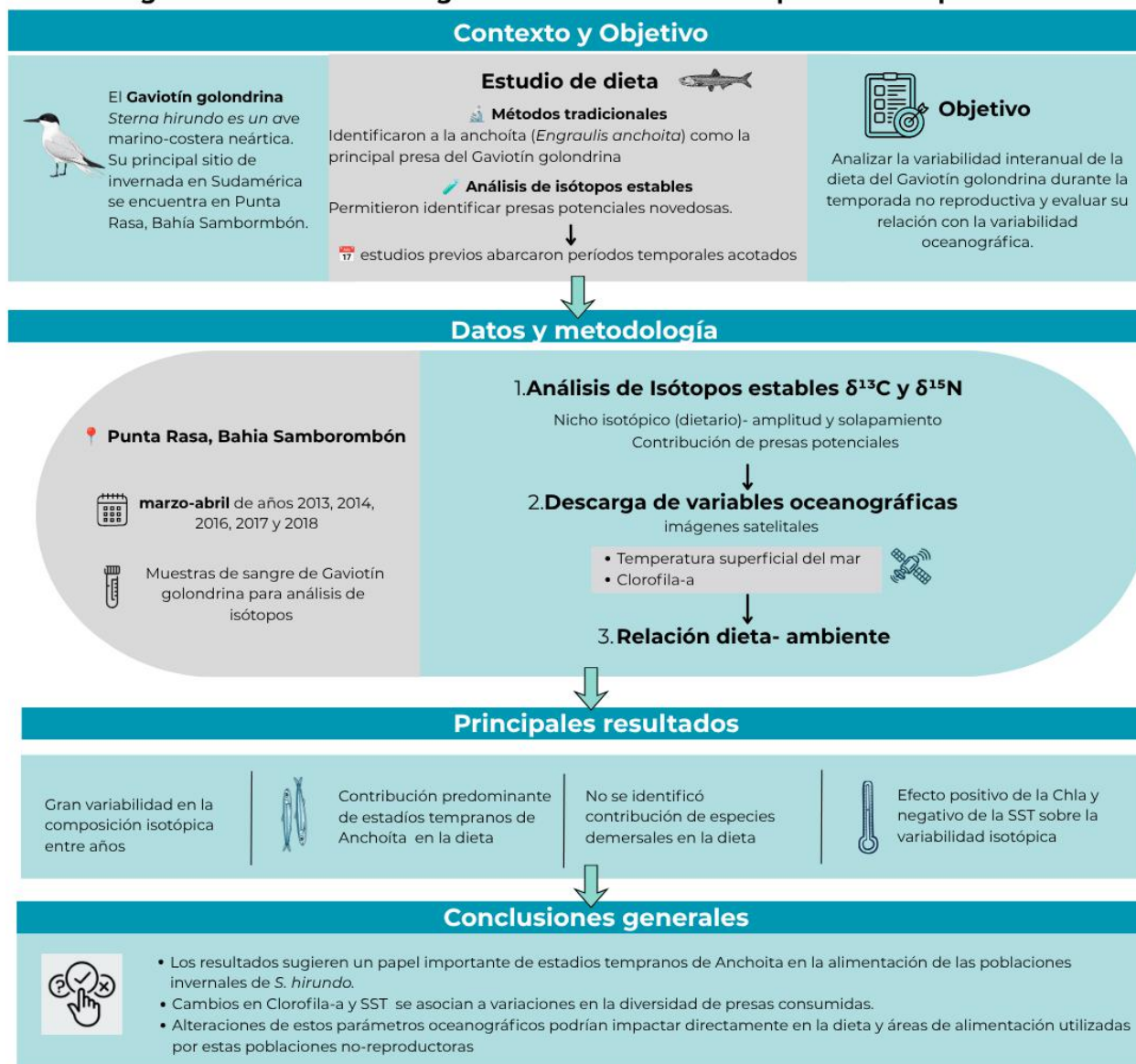
ABSTRACT. Temporal dietary shifts of the Common Tern (*Sterna hirundo*) during the non-breeding season and the effect of oceanographic conditions. The Common Tern is a nearctic coastal seabird that, in South America, has one of its main non-breeding areas at Punta Rasa (Buenos Aires, Argentina). To evaluate interannual variability in the diet of the Common Tern, stable isotope analyses were conducted on blood samples collected from individuals captured between 2013 and 2018 during the final stage of the non-breeding season at Punta Rasa. Isotopic niche width and the contribution of potential prey to the diet were estimated using Bayesian standard ellipse models and Bayesian mixing models, respectively. Significant interannual differences were identified in isotopic composition and niche width. Mixing models revealed predominant contributions of early life stages of anchovy (*Engraulis anchoíta*) across all seasons. To evaluate the potential influence of environmental factors on the species diet, oceanographic data, such as Salinity, Sea Surface Temperature, Chlorophyll-a concentration and turbidity, were first downloaded and filtered from satellite imagery obtained from different satellite data repositories. This information was subsequently contrasted with isotopic data from the sampled seasons using Generalized Linear Models. The models indicated that isotopic variability was positively associated with Chlorophyll-a concentration and negatively associated with Sea Surface Temperature. These results highlight the importance of complementing traditional dietary methodologies with stable isotope analyses, as they revealed the predominant contribution of early life stages of anchovy that had not previously been identified in the diet of the Common tern. Furthermore, they support the existence of an association between variability in the species diet and environmental variability.

Palabras clave: Punta Rasa, Isótopos estables, Aves marinas

Key words: Punta Rasa, Stable isotopes, Seabirds

Resumen Gráfico

Ecología trófica del Gaviotín golondrina durante su temporada no reproductiva



INTRODUCCIÓN

Las aves marinas, como predadores tope, cumplen un rol fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas marinos y a su vez son ampliamente utilizadas como buenas indicadores de la salud ambiental dada su relativa facilidad de monitoreo a grandes escalas espacio-temporales (Furness y Camphuysen 1997; Durant et al. 2009; Cury et al. 2011; Moreno et al. 2016; Burdon et al. 2017). Este grupo de aves se encuentra entre los vertebrados marinos más amenazados siendo la interacción con pesquerías comerciales una de sus principales amenazas en el ambiente marino (Croxall et al. 2012; Dias et al. 2019), seguida por la contaminación por residuos antropogénicos (plásticos y compuestos derivados de hidrocarburos), y el cambio climático (Palczky et al. 2015; BirdLife International 2018; Dias et al. 2019; Carrillo et al. 2023, 2025).

El Gaviotín golondrina (*Sterna hirundo*) es un ave marino-costera neártica, es decir que se reproduce en el hemisferio

norte (entre mayo y agosto), y posteriormente migra hacia el hemisferio sur, donde forma agrupaciones no reproductivas en Centro y Sudamérica (entre octubre y abril) (Mauco 2001; Nisbet et al. 2011). En aves migratorias, como *S. hirundo*, una adecuada acumulación de reservas energéticas durante el período pre-reproductivo resulta clave para afrontar el viaje de retorno a las colonias y maximizar el rendimiento reproductivo en temporadas reproductivas subsiguientes (Smith y Moore 2003). Dada la importancia de una alimentación adecuada en este periodo, resulta fundamental profundizar en el estudio de la dieta durante la fase no reproductiva del ciclo anual. Dentro de Sudamérica, uno de los principales sitios de invernada del Gaviotín golondrina se encuentra en Punta Rasa, Provincia de Buenos Aires (36°20'S, 56°45'O), donde se han registrado agregaciones de hasta 30.000 individuos (Silva-Rodríguez et al. 2005; Favero et al. 2016). Mediante la aplicación de técnicas tradicionales, como el análisis de contenido estomacal y el examen de egagrópilas, estudios realizados en Punta Rasa identificaron a peces pelágicos

de hábitos marinos como los principales componentes de la dieta del Gaviotín golondrina, destacándose la anchoíta (*Engraulis anchoita*) como la presa predominante, seguida por el pejerrey (*Odontesthes bonariensis*) y el cornalito (*Odontesthes incisa*). A continuación, en orden de importancia, se identificaron especies demersales juveniles como la pescadilla de red (*Cynoscion guatucupa*) y la corvina rubia (*Micropogonias furnieri*), peces de agua dulce como bagres (Orden: Siluriformes) y en ocasiones alta contribución de artrópodos de la clase Insecta (Mauco y Favero 2005). El registro de consumo de especies demersales ha sido asociado al consumo de descarte pesquero, sin embargo, aunque se ha documentado el aprovechamiento de descartes por parte del Gaviotín golondrina en flotas semiindustriales costeras, su acceso suele verse restringido por la presencia de aves carroñeras más grandes y competitivas, como la Gaviota cocinera (*Larus dominicanus*) y Procellariiformes que desplazan o inhiben a especies de menor tamaño (Garthe y Huppop 1998; Seco Pon y Morettini 2009; Seco Pon et al. 2012).

Las metodologías tradicionales de estudio de dieta (análisis de contenido estomacal y el examen de egagrópilas) han sido fundamentales para la identificación taxonómica de las presas, con la desventaja de representar una ventana temporal “instantánea” (Karnovsky et al. 2012; Moreno et al. 2016). Frente a esta limitación, una metodología alternativa y complementaria para el estudio de la alimentación es el análisis de isótopos estables de carbono y nitrógeno ($\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$) (Layman et al. 2012). El $\delta^{13}\text{C}$ es utilizado generalmente para determinar el origen de las fuentes de carbono en la trama trófica. De esta manera, este análisis es capaz de informar sobre la naturaleza pelágica, demersal o bentónica de las presas, su origen marino, estuarial o dulceacuicola; costero o de alta mar, lo que permitiría determinar los hábitos alimentarios de la especie en cuestión (Ramírez et al. 2021). Por otro lado, $\delta^{15}\text{N}$ es utilizado como un proxy a la posición trófica del predador (Ramírez et al. 2021).

La accesibilidad y disponibilidad de las fuentes de alimento para las aves marinas están determinadas por características oceanográficas que condicionan la distribución espacial de las presas (Cox et al. 2013; Bertrand et al. 2014; Boyd et al. 2015; McInnes et al. 2017; Hunt et al. 2018; Paz et al. 2021). En la Plataforma Continental Argentina, por ejemplo, la distribución de peces como la anchoíta, una presa común de aves marinas y en particular para el Gaviotín golondrina, se ha relacionado con la temperatura, la salinidad y concentración de clorofila-a, identificando mayores abundancias en rangos específicos de estas variables (Martos et al. 2005; Brown et al. 2006; Jaureguizar et al. 2006). De esta manera, el estudio de ciertas variables oceanográficas permitiría predecir y comprender variaciones en la dieta de especies predatoras (Kitaysky y Hunt 2018; Church et al. 2019). Si bien estudios previos realizados durante el periodo no reproductivo del Gaviotín golondrina en Punta Rasa reportaron una relación directa entre la composición de la dieta de esta especie con la velocidad del viento y precipitaciones (Mauco 2006), hasta el momento no se ha evaluado el vínculo entre la alimentación y variables oceanográficas y ambientales a mayores escalas espaciales y temporales.

Punta Rasa es un área protegida ubicada en el extremo sur de la Bahía Samborombón en la costa del Océano Atlántico sudoccidental (Figura 1). El área se caracteriza por la presencia de un frente estuarial, el cual se forma por el ingreso de aguas continentales provenientes del Río de la Plata hacia la plataforma (Martos y Piccolo 1988; Acha et al. 2004). La dinámica del estuario, junto con las picnoclinas generadas por



Fig. 1. Área de estudio en Punta Rasa (punto rojo), principal zona de invernada del Gaviotín golondrina (*Sterna hirundo*) en el hemisferio sur. El círculo negro denota el rango potencial de distribución de los individuos que permanecen en el área durante su ciclo no reproductivo.

la intrusión de la cuña salina, permiten el desarrollo de una elevada productividad y favorecen la retención de plancton, lo que convierte a esta zona en un área clave para la reproducción de diversos organismos marinos con desarrollo indirecto, entre ellos, los peces teleósteos (Acha et al. 1999; Acha y Macchi 2000; Berasategui et al. 2004).

Considerando los antecedentes mencionados, el **objetivo general del presente trabajo es estudiar la dieta del Gaviotín golondrina *Sterna hirundo* durante la última etapa de su temporada no reproductiva a través del análisis de isótopos estables y evaluar su relación con la variabilidad temporal y ambiental en Bahía Samborombón y aguas marino-costeras adyacentes, durante el período 2013-2018.**

METODOLOGÍA

Se trabajó con una base de datos de composición de isótopos estables de carbono y nitrógeno realizados sobre el análisis de muestras de sangre completa de individuos de Gaviotín golondrina capturados durante la etapa final de diferentes temporadas no reproductivas, correspondientes a los meses de marzo y abril; temporada 2013 (n= 35, 24 machos, 11 hembras), 2014 (n =19, 9 machos, 8 hembras, 2 no identificados), 2016 (n =15, 9 machos 6 hembras), 2017 (n =14, 6 hembras 8 machos) y 2018 (n =7, 3 hembras 3 machos, 1 no identificados).

Análisis variabilidad isotópica interanual

Inicialmente se calcularon los estadísticos descriptivos; valores medios ($\pm\text{SD}$) y el rango del $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ (definido como la diferencia entre los valores máximo y mínimo) para cada temporada analizada. Para abordar la comparación de la composición isotópica entre años se empleó un análisis de varianza multivariante no paramétrico basado en permutaciones (PERMANOVA; Anderson et al. 2008).

Amplitud y solapamiento de nichos isotópicos

Se evaluó la amplitud del nicho isotópico a partir de métodos bayesianos basados en elipses estándar implementados en el paquete SIBER (Stable Isotope Bayesian Ellipses en R; Jackson et al. 2011). Este método estima la distribución de posibles elipses considerando incertidumbres asociadas, como sesgos de muestreo y tamaños de muestra reducidos, en las métricas de nicho propuestas por Layman et al. (2007) (Jackson et al. 2011). Se estimó el grado de solapamiento entre las elipses que representan los nichos isotópicos mediante el paquete nicheROVER (Niche Region and Niche Overlap en R; Lysy et al. 2014).

Contribución de presas a dieta

Con el fin de estimar cuantitativamente la importancia de diferentes presas potenciales del área de estudio en la dieta de los gaviotines para cada temporada, se aplicaron modelos bayesianos de mezcla utilizando el paquete MixSIAR (Parnell et al. 2013). Estos modelos comparan los valores isotópicos del consumidor con las de sus posibles presas para estimar la proporción relativa que cada presa aporta a la dieta. Para interpretar correctamente esta relación es necesario considerar el factor de enriquecimiento trófico (TEF), en este trabajo se utilizó $\delta^{13}\text{C}$: $1,1 \pm 0,5\%$, $\delta^{15}\text{N}$: $2,8 \pm 0,5\%$ para Escúa grande (*Stercorarius skua*) bajo una dieta ictiófaga, Bearhop et al. 2002). Este valor de TEF corresponde al disponible de la especie más cercana filogenéticamente al Gaviotín golondrina y ha sido utilizado en trabajos previos con esta y otras especies de aves ictiófagas (Ciancio et al. 2016; Lamacchia et al. 2019).

Las presas potenciales fueron seleccionadas en base a: 1) su registro recurrente en dieta mediante análisis de contenido estomacal y egagrópilas (Mauco et al 2001; Mauco y Favero 2005), su alta abundancia en el área de estudio (Gaitán 2012; DoSouto et al. 2025) y c) a posibilidad de ser aprovechadas por los gaviotines por facilitación de descarte de la actividad pesquera en el área (principalmente peces demersales) (Seco Pon y Morettini 2009). Se organizaron en ocho categorías según su similitud isotópica (Tabla A1), relacionada al hábitat, tipo de ambiente y el estado ontogénico de los organismos: (1) Marinos demersales adultos (MD): incluye a individuos de Pescadilla de red (*Cynoscion guatucupa*) y Brótola (*Urophycis brasiliensis*), (2) Marinos demersales juveniles (MDj): que incluye individuos de Pescadilla de red, (3) Estuarinos demersales adultos (ED): incluye individuos de Corvina rubia (*Micropogonias furnieri*) y Pescadilla real (*Macrodon ancylodon*), (4) Clupeidos marinos adultos (CM): incluye individuos de Anchoíta (*E. anchoíta*), (5) Clupeidos marinos inmaduros (CMi): incluye individuos de Anchoíta, (6) Clupeidos estuarinos adultos (CE): incluye la Saraca (*Brevoortia aurea*) y la Anchoa de río (*Lycengraulis grossidens*), (7) Ictioplancton (IC): incluye estadios tempranos del desarrollo de Anchoíta (individuos en etapa posteclosión) (8) Continentales (C): incluye especies de peces de agua dulce; Pejerrey bonaerense (*Odonthestes bonaerensis*), Bagrecito (*Pimelodella gracilis*) y Coridora pimienta (*Corydoras palleatus*) y artrópodos de la clase Insecta. La categorización realizada permitió una selección inicial de presas ecológicamente relevantes, cuya representatividad se evaluó posteriormente en el espacio isotópico (Tabla A1).

Relación entre la dieta y el ambiente.

Se seleccionó un área de estudio de 65km de radio alrededor de Punta Rasa (Figura 1) basado en dos aspectos, primero en una

aproximación a los registros de distancias máximas de forrajeo recorridas por día por la especie y segundo en las profundidades asociadas a sus zonas de alimentación (entre 10-20m) (Bugoni et al. 2005). Para evaluar el efecto de factores ambientales del área de estudio sobre la dieta del Gaviotín golondrina, se descargó y filtró información oceanográfica a escala mensual (febrero y marzo), que luego fue asociada a la información de dieta.

Se obtuvo la información oceanográfica de los diferentes años muestreados recortada al área de estudio en formato de imágenes satelitales con una resolución mensual de 4km x 4km. Las variables oceanográficas descargadas fueron: I) Salinidad Superficial del Mar (Sal; unidades en ppt); II) Temperatura Superficial del Mar (SST; unidades en °C); III) Concentración de Clorofila-a (Chla; unidades en mg m^{-3}) y IV) Turbidez de Agua de Mar (TUR; unidades de turbidez nefelométrica NTU). La variable de salinidad fue obtenida de "COPERNICUS" (Marine Environment Monitoring Service (<https://marine.copernicus.eu>) mientras que las variables SST, Chla y TUR fueron descargadas de "Earthdata Search" (NASA Earth Observation data, <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>). Se realizaron suavizados gaussianos sobre todas estas variables para minimizar el ruido generado por variaciones asociadas a errores en los sensores satelitales (Rivas y Pisoni, 2010). Posteriormente y de manera complementaria, se calculó la información de los estadísticos descriptivos para cada variable oceanográfica y para cada año muestreado (Tabla A2).

Para explorar cómo cambia la dieta en relación con la variabilidad oceanográfica se emplearon Modelos Lineales Generalizados (GLM, por sus siglas en inglés) con distribución gaussiana. Previo a la realización del modelo, se evaluaron potenciales correlaciones entre las variables ambientales (Chla, SST, TUR y Sal), utilizando un análisis de correlación de Pearson y evaluando su significancia mediante test T-Student ($P \leq 0,05$) y se excluyeron del modelo aquellas variables que expresaron una correlación significativa. Se evaluaron las siguientes variables respuesta: (1) la amplitud estándar de la elipse corregida por el tamaño muestral (SEAc), (2) rango de isótopos estables de Nitrógeno (rango $\delta^{15}\text{N}$) y (3) rango de isótopos estables de Carbono (rango $\delta^{13}\text{C}$) en relación, por un lado, a las variables ambientales "Chla" y "SST" (únicas que no estuvieron correlacionadas).

RESULTADOS

Análisis de isótopos estables

Se encontraron diferencias significativas en la composición isotópica entre la mayor parte de las temporadas analizadas (PERMANOVA $P \leq 0,03$) (Tabla 1). Las comparaciones que no fueron significativamente diferentes fueron la temporada 2013 con 2016, 2017 con 2018 y 2014 con 2018 (Tabla 1; Figura 2). Los valores isotópicos promedio ($\pm\text{SD}$) correspondientes a las temporadas muestreadas de cada período están reflejadas en la Tabla 2.

Análisis de amplitud y solapamiento de nichos isotópicos

Los tamaños y superposición de nicho isotópico de los gaviotines presentaron ciertas diferencias entre la mayor parte de las temporadas analizadas (Tabla 2, Figura 2). Las temporadas 2017 y 2018 presentaron los nichos isotópicos de menor amplitud en todos los parámetros considerados. Particularmente en 2017 el SEAc fue como mínimo la mitad de tamaño que el resto de

Tabla 1. Resultados de análisis multivariados PERMANOVA de la composición isotópica interanual del Gaviotín golondrina. El subíndice de F simboliza los grados de libertad, luego se encuentra el valor del estadístico y finalmente en valor P entre paréntesis. Valores en negrita indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Año	2013	2014	2016	2017
2014	$F_{53} = 10,9 (7e^{-04})$			
2016	$F_{49} = 1,1 (0,30)$	$F_{33} = 4,7 (0,03)$		
2017	$F_{48} = 32,7 (1e^{-04})$	$F_{32} = 7,7 (5e^{-03})$	$F_{28} = 21,9 (1e^{-04})$	
2018	$F_{41} = 14,5 (1e^{-04})$	$F_{25} = 2,9 (0,08)$	$F_{21} = 10 (7e^{-04})$	$F_{20} = 0,43 (0,64)$

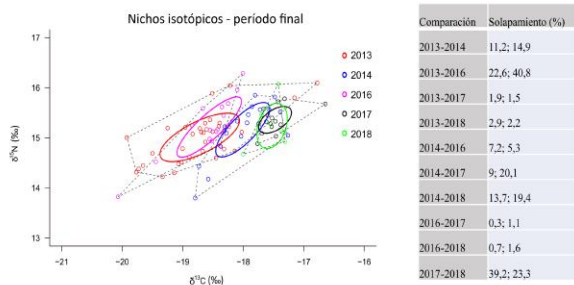


Fig. 2. Comparación interanual de amplitud estándar de los nichos isotópicos corregida por tamaño muestral pequeño (SEAc) del Gaviotín golondrina para cada año evaluado. Letras diferentes representan diferencias interanuales significativas respecto a su composición isotópica (PERMANOVA, $P < 0,05$). En la tabla que se encuentra a la derecha se indica la superposición entre elipses estimadas a partir de modelo bayesianos para pares de años. Se indica el porcentaje del área de elipse del año A contenido en el área del año B, ejemplo 2013-2014 (11,2 % corresponde al % del área de la elipse de la temporada 2013 contenida en el área de la elipse de la temporada 2014; mientras que 14,9 % corresponde al % del área de la elipse durante la temporada 2014 contenida en el área de la elipse de la temporada 2013).

las temporadas, llegando a ser casi cuatro veces inferior que el correspondiente a 2013 (Tabla 2).

En cuanto a la superposición de nichos, las temporadas 2013 y 2016 mostraron alto solapamiento entre sí (23-40 %), al igual que los de 2017 y 2018 (39-23 %), sin embargo, entre estos dos pares de grupos prácticamente no hubo solapamiento (< 3 %). Por su parte, 2014 presentó cierto grado de superposición con todos los años, con porcentajes inferiores al 20 % (Figura 2).

Contribución de presas potenciales a la dieta

La distribución de los valores isotópicos del Gaviotín golondrina en relación con los distintos grupos de presas potenciales indican una baja probabilidad de consumo de "Marinos demersales" y "Estuarinos demersales" en comparación con el resto de las presas (Figura 3) y por ende se decidió excluir estas categorías de los modelos de mezcla bayesianos (MixSIAR), a fin de mejorar su capacidad predictiva. A su vez, de acuerdo con los valores promedio de contribución, los grupos que presentaron mayores aportes fueron "Clupeidos marinos inmaduros" e "Ictioplancton" (Tabla 3). Estos dos grupos se mantuvieron como las presas principales en todas las temporadas evaluadas (medias > 23 %), el grupo de "Clupeidos marinos inmaduros" mantuvo una contribución constante en todas las temporadas evaluadas, mientras que el "Ictioplancton" exhibió los mayores niveles de contribución en las temporadas 2017 y 2018, siendo particularmente altas en 2017 (46 %). Por otro lado, las únicas temporadas donde se identificó un consumo relevante del grupo de presas "Continetales" fueron 2013 y 2016 (mayores al 14 %) (Tabla 3). La categoría de "Clupeidos Estuariales" mostró una

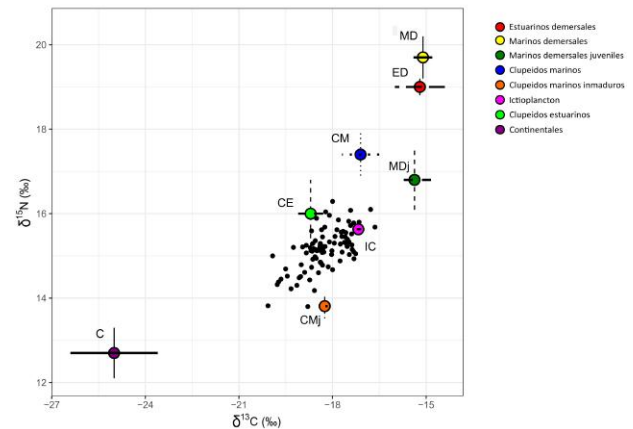


Fig. 3. Ubicación en un espacio bidimensional delimitado por los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de muestras de sangre completa de individuos adultos de Gaviotín golondrina (puntos negros) en relación con las de sus presas potenciales agrupadas en categorías. Cada color representa una categoría de presa particular (ver referencias en el gráfico). Los valores de isotopos estables de las presas están corregidos por el factor de enriquecimiento trófico. Se ve representada media $\pm$ SD de las presas.

baja contribución general en la dieta con la excepción de la temporada 2016 (17 %). De acuerdo con los resultados de contribución, la composición isotópica de los gaviotines en 2017 y 2018 reflejó una dieta menos diversa respecto a las restantes temporadas, dominada por estadios inmaduros de Anchoíta e "Ictioplancton".

Variación interanual de la dieta del Gaviotín golondrina en relación con la variabilidad ambiental

Los resultados de los modelos GLM identificaron un efecto positivo de la Chla y negativo de la SST sobre todas las variables respuesta (SEAc, rango de $\delta^{13}\text{C}$ y rango de $\delta^{15}\text{N}$). Es decir, a medida que aumenta clorofila aumenta el valor de las variables respuesta y lo contrario con la SST (Tabla A3). Los valores del R^2 fueron relativamente bajos ($\leq 0,42$).

CONCLUSIONES

Análisis de las marcas isotópicas

Los resultados obtenidos en este estudio evidenciaron una marcada contribución de estadios tempranos de desarrollo de Anchoíta y bajas contribuciones de sus estadios adultos en todas las temporadas evaluadas. Esto se corresponde con el hecho de que el área de estudio constituye una zona de desove y cría para múltiples especies de peces, la Anchoíta en particular, durante la época de primavera-verano (Pájaro et al. 2009). A su vez, la menor ocurrencia de estadios adultos podría responder a su desplazamiento hacia aguas de mayor profundidad alejadas

Tabla 2. Resultados de análisis multivariados PERMANOVA de la composición isotópica interanual del Gaviotín golondrina. El subíndice de F simboliza los grados de libertad, luego se encuentra el valor del estadístico y finalmente en valor P entre paréntesis. Valores en negrita indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Temporada	$\delta^{13}\text{C}$		$\delta^{15}\text{N}$		Nicho isotópico			
	Media $\pm$ sd	Rango	Media $\pm$ sd	Rango	TA	SEA	SEAc	SEAb (moda)
2013	-18,72 $\pm$ 0,65	3,1	15,01 $\pm$ 0,48	1,9	2,88	0,71	0,73	0,71 (0,5-1)
2014	-18,01 $\pm$ 0,44	1,5	15,16 $\pm$ 0,54	2,0	1,39	0,47	0,50	0,48 (0,3-0,8)
2016	-18,56 $\pm$ 0,53	2,1	15,21 $\pm$ 0,6	2,5	1,11	0,52	0,56	0,57 (0,3-1)
2017	-17,47 $\pm$ 0,27	1,1	15,36 $\pm$ 0,26	0,9	0,47	0,19	0,20	0,18 (0,1-0,3)
2018	-17,52 $\pm$ 0,25	0,7	15,24 $\pm$ 0,45	1,4	0,43	0,33	0,40	0,28 (0,1-0,7)

Tabla 3. Resultados de análisis multivariados PERMANOVA de la composición isotópica interanual del Gaviotín golondrina. El subíndice de F simboliza los grados de libertad, luego se encuentra el valor del estadístico y finalmente en valor P entre paréntesis. Valores en negrita indican diferencias significativas ($P < 0,05$).

Año	N	Clupeidos Marinos	Clupeidos Marinos inmaduros	Clupeidos Estuarinos	Ictioplancton	Marinos demersales juveniles	Continental
2013	35	10 (0- 27)	26 (5- 46)	13 (0- 36)	25 (1- 57)	10 (0- 29)	16 (8- 24)
2014	19	10 (0- 27)	34 (12- 55)	13 (0- 33)	26 (1- 57)	10 (0- 29)	6 (0- 14)
2016	15	12 (0- 32)	23 (2- 45)	17 (1- 42)	23 (1- 56)	10 (0- 32)	14 (5- 23)
2017	14	7 (0- 22)	26 (8- 45)	6 (0- 18)	46 (5- 77)	12 (0- 32)	2 (0- 7)
2018	7	9 (0- 27)	30 (6- 53)	8 (0- 25)	34 (3- 68)	15 (1- 35)	3 (0- 10)

de la costa en dirección noreste luego del periodo de desove (Hansen 2004).

El hecho de que hasta el momento no había evidencia de consumo de individuos de menores tallas en el área de estudio por parte de los gaviotines podría deberse a limitaciones metodológicas inherentes a los enfoques tradicionales de análisis dietario. Esta dificultad podría relacionarse, por un lado, a una sobreestimación de la talla de las presas de peces óseos cuando se utilizan otolitos como indicador, y por el otro, a una subestimación de la abundancia de presas de menores tallas al trabajar con muestras de egagrópilas (Barrett et al. 2007). A su vez, en presas pequeñas como las larvas, las partes duras pueden estar ausentes, o bien pueden degradarse durante la digestión o ser eliminadas a través del tracto gastrointestinal sin quedar representadas en los pellets (Barrett et al. 2007).

Dado que especies ecológicamente parecidas pueden presentar valores isotópicos similares (Inger y Bearhop 2008; Phillips et al. 2014) la contribución atribuida a una presa determinada postulada en el modelo podría, eventualmente, corresponder también a alguna otra especie no contemplada en el análisis, con una firma isotópica similar (Phillips et al. 2014; Lisi et al. 2025). En este sentido, considerando que durante los meses de primavera-verano al menos el 64 % de los peces teleósteos que utilizan el estuario presente en el área de estudio también desovan en él (Acha et al. 2008; Berasategui et al. 2004), los valores isotópicos registrados para gaviotines podrían explicarse por el consumo de estadios tempranos de desarrollo de otras especies de peces, además de la Anchoíta (Lamacchia et al. 2019).

Si bien las marcas isotópicas de los gaviotines no reflejaron el consumo de descarte pesquero, dado que en el área y período de estudio se registran elevadas actividades de flotas de arrastre (Sánchez-Carnero et al. 2022), es probable que exista un uso compartido de las áreas de alimentación de la especie y los sectores de operación pesquera. La ausencia de evidencia de aprovechamiento del descarte generado por estas flotas, compuesto principalmente por especies demersales (Domingo et al.

2022), podría explicarse, como se mencionó anteriormente, por la exclusión competitiva de los gaviotines en el entorno de los buques pesqueros. Esta situación respondería a una jerarquía de dominancia en la que especies de mayor tamaño y agresividad desplazan a otras más pequeñas y de comportamiento más tímido, como el Gaviotín golondrina (Hudson y Furness 1989; Jiménez et al. 2011). No obstante, no puede descartarse que la especie interactúe con este tipo de flotas y aproveche recursos descartados en otros momentos de su temporada no reproductiva.

Relación variabilidad ambiental-dieta

Respecto a la influencia de las variables ambientales sobre la dieta, los modelos indicaron que las concentraciones de Clorofila-a se relacionaron de forma positiva con los parámetros indicadores de variabilidad isotópica. La mayor amplitud de nichos isotópicos y mayor variabilidad en las marcas de Carbono y Nitrógeno de los gaviotines en ciertos años (2013, 2014 y 2016) puede ser producto de un aumento en la diversidad de presas consumidas por los gaviotines como consecuencia del desarrollo de tramas tróficas más complejas, en respuesta a productividades primarias más elevadas (Jenkins y Davoren 2021). Por otro lado, las temporadas en las que se registró una menor amplitud de los nichos isotópicos se asociaron a mayores temperaturas superficiales del mar. Estas temperaturas más elevadas se asociaron con una menor diversidad de presas potenciales en su dieta, incrementándose la importancia de los estadios tempranos de anchoíta como recurso alimenticio. En algunos casos, el incremento de la temperatura es capaz de favorecer el crecimiento y desarrollo larval, lo cual puede vincularse a mayores densidades de larvas y juveniles de anchoíta en el área de estudio, aumentando su detectabilidad y facilitando la predación por parte del gaviotín (Rice et al. 1993; Cushing y Howard 1994). En este contexto, la contracción de los nichos isotópicos podría reflejar un mayor consumo de larvas de anchoíta como consecuencia de su mayor abundancia relativa durante años cálidos.

Los resultados de este trabajo revelan patrones de alimentación novedosos para el Gaviotín golondrina durante su periodo no reproductivo, identificando una posible contribución predominante de estadios tempranos de anchoíta, previamente no reportada en su dieta. Este estudio permitió a su vez reconocer la importancia del monitoreo a largo plazo, ya que permite comprender e identificar tendencias en las interacciones predador-presa y/o en el uso de ambientes naturales que podrían explicar fluctuaciones poblacionales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Marina Do Souto, por proporcionar los datos de isótopos de estadios tempranos de Anchoíta. A la Universidad Nacional de Mar del Plata. Al equipo de guardaparques de Bahía Samborombón y Rincón de Ajó por la colaboración logística para la captura de individuos de gaviotín golondrina. Se le agradece a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata por brindar el espacio donde fue desarrollado este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Acha EM, Macchi GJ (2000) Spawning of Brazilian menhaden, *Brevoortia aurea*, in the Río de la Plata estuary off Argentina and Uruguay. Fish Bull. (2).
- Acha EM, Mianzan HW, Guerrero RA, Favero M, Bava J (2004) Marine fronts at the continental shelves of austral South America: physical and ecological processes. J Mar Syst. 44(1-2): 83-105.
- Acha EM, Mianzan H, Guerrero R, Carreto J, Giberto D, Montoya N, Carignan M (2008) An overview of physical and ecological processes in the Río de la Plata Estuary. Cont Shelf Res. 28(13): 1579-1588.
- Acha EM, Mianzan H, Lasta CA, Guerrero RA (1999) Estuarine spawning of the whitemouth croaker *Micropogonias furnieri* (Pisces: Sciaenidae), in the Río de la Plata, Argentina. Mar Freshw Res. 50(1): 57-65.
- Anderson MJ (2001) A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. Austral Ecol. 26: 32-46.
- Anderson MJ, Gorley RN, Clarke KR (2008) "PERMANOVA+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods." (PRIMER-ELtd: Plymouth, USA).
- Barrett RT, Camphuysen K, Anker-Nilssen T, Chardine JW, Furness RW, Garthe S, Veit RR (2007) Diet studies of seabirds: a review and recommendations. ICES J Mar Sci. 64(9): 1675-1691.
- Bearhop S, Adams CE, Waldron S, Fuller RA, Macleod H (2004) Determining trophic niche width: A novel approach using stable isotope analysis. J Anim Ecol. 73(73): 1007-1012.
- Bearhop S, Waldron S, Votier SC, Furness RW (2002) Factors that influence assimilation rates and fractionation of nitrogen and carbon stable isotopes in avian blood and feathers. Physiol Biochem Zool. 75(5): 451-458.
- Berasategui AD, Acha EM, Araoz NF (2004) Spatial patterns of ichthyoplankton assemblages in the Río de la Plata Estuary (Argentina-Uruguay). Estuar Coast Shelf Sci. 60(4): 599-610.
- Bertrand A, Grados D, Colas F, Bertrand S, Capet X, Chaigneau A, Fablet R (2014) Broad impacts of fine-scale dynamics on seascape structure from zooplankton to seabirds. Nat Commun. 5(1): 5239.
- BirdLife International. 2018. State of the world's birds: taking the pulse of the planet. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Boyd C, Castillo R, Hunt Jr GL, Punt AE, VanBlaricom GR, Weimerskirch H, Bertrand S (2015) Predictive modelling of habitat selection by marine predators with respect to the abundance and depth distribution of pelagic prey. J Anim Ecol. 84(6): 1575-1588.
- Brown AM, Bellido JM, Valavanis V, Giráldez A (2006) Investigating the distribution of small pelagic fish in Spanish Mediterranean waters using environmental modelling and essential fish habitat mapping. 2006 ICES Annual Science Conference, Maastricht, Países Bajos.
- Bugoni L, Cormons TD, Boyne AW, Hays H (2005) Feeding grounds, daily foraging activities, and movements of Common Terns in southern Brazil, determined by radio-telemetry. Waterbirds. 28(4): 468-477.
- Bugoni L, McGill RA, Furness RW (2010) The importance of pelagic longline fishery discards for a seabird community determined through stable isotope analysis. J Exp Mar Biol Ecol. 391(1-2): 190-200.
- Burdon D, Potts T, Barbone C, Mander L (2017) The matrix revisited: A bird's-eye view of marine ecosystem service provision. Mar Policy. 77: 78-89.
- Canevari P, Blanco DE, Bucher EH, Castro G, Davidson I, Bonetto A, Benzaquén L (1998) Los humedales de la Argentina: clasificación, situación actual, conservación y legislación.
- Carrillo MS, Archuby DI, Castresana G, Lunardelli M, Montalti D, Ibañez AE (2023) Microplastic ingestion by common terns (*Sterna hirundo*) and their prey during the non-breeding season. Environ Pollut. 327: 121627.
- Carrillo MS, Archuby DI, Lunardelli M, Castresana G, Montalti D, Ibañez AE (2025) Dynamics of microplastic transfer through the food web in a migratory seabird. Environ Pollut. 383: 126784.
- Ceja FR, Paiva VH, Garthe S, Marques JC, Ramos JA (2014) Can variations in the spatial distribution at sea and isotopic niche width be associated with consistency in the isotopic niche of a pelagic seabird species?. Mar Biol. 161(8): 1861-1872.
- Church GE, Furness RW, Tyler G, Gilbert L, Votier SC (2019) Change in the North Sea ecosystem from the 1970s to the 2010s: great skua diets reflect changing forage fish, seabirds and fisheries. ICES J Mar Sci. 76: 925-937.
- Ciancio JE, Righi C, Faiella A, Frere E (2016) Blood-specific isotopic discrimination factors in the Magellanic penguin (*Spheniscus magellanicus*). Rapid Commun Mass Spectrom. 30(16): 1865-1869.
- Cohen LA, Pichegru L, Grémillet D, Coetzee J, Upfold L, Ryan PG (2014) Changes in prey availability impact the foraging behaviour and fitness of Cape gannets over a decade. Mar Ecol Prog Ser. 505: 281-293.
- Costa PL, Bugoni L, Kinas PG, Madureira LASP (2020) Seabirds, environmental features and the Argentine anchovy *Engraulis anchoita* in the southwestern Atlantic Ocean. Mar Ecol Prog Ser. 651: 199-213.
- Cox SL, Scott BE, Camphuysen CJ (2013) Combined spatial and tidal processes identify links between pelagic prey species and seabirds. Mar Ecol Prog Ser. 479: 203-221.
- Croxall JP, Butchart SHM, Lascelles B, Stattersfield AJ, Sullivan B, Symes A, Taylor P (2012) Seabird conservation status, threats and priority actions: a global assessment. Bird Conserv Int. 22: 1-34.

- Cushing DH, Howard JW (1994) The growth and death of fish larvae. *J Plankton Res.* 16: 291-300.
- Dias MP, Martin R, Pearmain EJ, Burfield IJ, Small C, Phillips RA, Yates O, Lascelles B, García Borboroglu P, Croxall JP (2019) Threats to seabirds: A global assessment. *Biol Conserv.* 237: 525-537.
- Do Souto M, Capitanio F, Galván DE, Macchi GJ, Diaz MV (2025) Trophic position and feeding sources of *Engraulis anchoita* larvae from the Buenos Aires stock, southwestern Atlantic Ocean. *MAFIS.* 38(2): 295-310.
- Domingo A, Favero M, Navarro G, Sánchez R, Tombesi ML (2022) Plan de Acción Regional para Reducir la Interacción de Aves Marinas con las Pesquerías que se desarrollan en el área del Tratado del Río de la Plata y su Frente Marítimo. *Ser Publ Esp CTMFM.* 105 pp. Uruguay.
- Durant JM, Hjermann DO, Frederiksen M, Charrassin JB, Le Maho Y, Sabarros PS, Crawford RJM, Stenseth NC (2009) Pros and cons of using seabirds as ecological indicators. *Clim Res.* 39: 115-129.
- Favero M, Copello S, García GO, Mariano y Jelich R, Ravasi MT, Seco Pon JP (2016) Aves marinas de las costas bonaerenses. En "La Costa Atlántica de Buenos Aires – Naturaleza y Patrimonio Cultural". (Cintia Celsi y José Athor Eds.), Fundación de Historia Natural Félix de Azara.
- Furness RW, Camphuysen KCJ (1997) Seabirds as monitors of the marine environment. *ICES J Mar Sci.* 54: 726-737
- Gaitán EN (2012) Tramas tróficas en sistemas frontales del Mar Argentino: estructura, dinámica y complejidad analizada mediante isótopos estables. Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- García G, Alfaro M, Copello S, Jelich RM, Moreira D, Seco Pon JP, Favero M (2024) Las aves marinas del sistema fluvio-marino del Río de la Plata y su relación con actividades humanas. *Hornero.* 39(2): 5-5.
- Garthe S, Hüppop O (1998) Foraging success, kleptoparasitism and feeding techniques in scavenging seabirds: does crime pay?. *Helgol Meeresunters.* 52(2): 187-196.
- Hansen JE (2004) ANCHOÍTA (*Engraulis anchoita*). *El Mar Argentino y Sus Recursos Pesqueros.* 4: 101-115.
- Hunt Jr GL, Renner M, Kuletz KJ, Salo S, Eisner L, Ressler PH, Santora JA (2018) Timing of sea-ice retreat affects the distribution of seabirds and their prey in the southeastern Bering Sea. *Mar Ecol Prog Ser.* 593: 209-230.
- Hudson AV, Furness RW (1989) The behaviour of seabirds foraging at fishing boats around Shetland. *Ibis.* 131(2): 225-237.
- Inger R, Bearhop S (2008) Applications of stable isotope analyses to avian ecology. *Ibis.* 150(3): 447-461.
- Jackson AL, Inger R, Parnell AC, Bearhop S (2011) Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER – Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *J Anim Ecol.* 80: 595-602.
- Jenkins EJ y Davoren GK (2021) Seabird species- and assemblage-level isotopic niche shifts associated with changing prey availability during breeding in coastal Newfoundland. *Ibis.* 163: 183-196.
- Jaureguizar AJ, Menni R, Lasta C, Guerrero R (2006) Fish assemblages of the northern Argentine coastal system: spatial patterns and their temporal variations. *Fish Oceanogr.* 15(4): 326-344.
- Juárez VI, Mantobani JM (2006) La costa bonaerense: un territorio particular. En: (Isla FI y Lasta CA, eds.) *Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires.* 1ª edición. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. Pp 41-69.
- Jiménez S, Domingo A, Abreu M, Brazeiro A (2011) Structure of the seabird assemblage associated with pelagic longline vessels in the southwestern Atlantic: implications for bycatch. *Endanger Species Res.* 15(3): 241-254.
- Kitaysky AS, Hunt GL (2018) Seabird responses to a changing Bering Sea. *Mar Ecol Prog Ser.* 593: 189-194.
- Karnovsky NJ, Hobson KA, Iverson SJ (2012) From lavage to lipids: estimating diets of seabirds. *Mar Ecol Prog Ser.* 451: 263-284
- Lamacchia P, Madrid EA, Mariano y Jelich R (2019) Intraspecific variability in isotopic composition of a monomorphic seabird, the Common Tern (*Sterna hirundo*), at wintering grounds. *Emu.* 119: 176-185.
- Lasta CA, Jaureguizar AJ (2006) Ordenamiento ecosistémico del litoral bonaerense. En: (Isla FI y Lasta CA, eds) *Manual de manejo costero para la provincia de Buenos Aires.* 1ª edición. Universidad Nacional de Mar del Plata, Mar del Plata. Pp 71-83.
- Lasta CA 1995. La Bahía de Samborombón: zona de desove y cría de peces (Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata).
- Layman CA, Arrington DA, Montaña CG, Post DM (2007) Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure?. *Ecology.* 88(1): 42-48.
- Layman CA, Araujo MS, Boucek R, Hammerschlag-Peyer CM, Harrison E, Jud ZR, Matich P, Rosenblatt AE, Vaudo JJ, Yeager LA, Post DM, Bearhop S (2012) Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biol Rev.* 87: 545-562.
- Lisi MK, Stephens RB, Steketee J, Hobbie EA, Rowe RJ (2025) Annual and seasonal variability in tundra vole (*Microtus oeconomus*) diet in northern Alaska. *Arc Antarct Alp Res.* 57(1): 2444044.
- Lysy, M., Stasko, A. D., Swanson, H. K. (2014) NicheRover: Niche region and niche overlap metrics for multidimensional ecological niches. (No Title).
- Martínez-Curci ND, Azpiroz AB, Isacch JP, Elías R (2015) Dietary relationships among Nearctic and Neotropical migratory shorebirds in a key coastal wetland of South America. *Emu.* 115(4): 326-334
- Martos P, Hansen JE, Negri RM, Madirolas A (2005) Factores oceanográficos relacionados con la abundancia relativa de anchoita (*Engraulis anchoita*) sobre la plataforma bonaerense (34 S-41 S) durante la primavera. *Rev Invest Desarr Pesq.* 17: 5-33.
- Martos P, Piccolo MC (1988) Hydrography of the Argentine continental shelf between 38 and 42 S. *Cont Shelf Res.* 8(9): 1043-1056.
- Mauco L, Favero M (2005) The Food and Feeding Biology of Common Terns Wintering in Argentina: Influence of Environmental Conditions. *Waterbirds.* 80: 595-602
- Mauco L, Favero M, Bó MS (2001) Food and feeding Biology of the Common Tern during the Nonbreeding Season in Samborombon Bay, Buenos Aires, Argentina. *Waterbirds.* 24: 89-96.
- Mauco LM (2006) Ecología Trófica del Gaviotín Golondrina (*Sterna hirundo*) en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Tesis Doctoral. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- McInnes AM, Ryan PG, Lacerda M, Deshayes J, Goschen WS, Pichegru L (2017) Small pelagic fish responses to fine-scale

- oceanographic conditions: implications for the endangered African penguin. *Mar Ecol Prog Ser.* 569: 187-203.
- Moreno R, Stowasser G, McGill RAR, Bearhop S, Phillips RA (2016) Assessing the structure and temporal dynamics of seabird communities: the challenge of capturing marine ecosystem complexity. *J Anim Ecol.* 85: 199-212.
- Navarro J, Cardador L, Brown R, Phillips RA (2015) Spatial distribution and ecological niches of non-breeding planktivorous petrels. *Sci Rep.* 5(1): 12164.
- Newsome SD, Martinez del Rio C, Bearhop S, Phillips DL (2007) A niche for isotope ecology. *Front Ecol Environ.* 5(8): 429-436.
- Nion H, Rios C (1991) Los recursos pelágicos del Uruguay. *Atlántica.* 13: 201-214.
- Nisbet IC, Mostello CS, Veit RR, Fox JW, Afanasyev V (2011) Migrations and winter quarters of five Common Terns tracked using geolocators. *Waterbirds.* 34(1): 32-39.
- Pájaro M, Hansen JE, Leonarduzzi E, Garciarena AD (2009) Biomasa de los reproductores de la población bonaerense de anchoíta (*Engraulis anchoita*) en el año 2008: estimación mediante el método de producción diaria de huevos. INIDEP Informes Técnicos N° 29. 19 pp.
- Paleczny M, Hammill E, Karpouzi V, Pauly D (2015) Population Trend of the World's Monitored Seabirds, 1950-2010. *PLoS ONE.* 10: 1-11.
- Parnell AC, Phillips DL, Bearhop S, Semmes BX, Ward EJ, Moore JW, Jackson AL, Grey J, Kelly DJ, Inger R (2013) Bayesian stable isotope mixing models. *Environmetrics.* 24: 387-399.
- Paz JA, Seco Pon JP, Krüger L, Favero M, Copello S (2021) Is there sexual segregation in habitat selection by Black-browed Albatrosses wintering in the south-west Atlantic? *Emu.* 121: 167-177.
- Phillips DL, Inger R, Bearhop S, Jackson AL, Moore JW, Parnell AC, Semmens BX, Ward EJ (2014) Best practices for use of stable isotope mixing models in food-web studies. *Can J Zool.* 92: 823-835.
- R Core Team (2024) R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Ramírez F, Vicente-Sastre D, Afán I, Igual JM, Oro D, Forero MG (2021) Stable isotopes in seabirds reflect changes in marine productivity patterns. *Mar Ecol Prog Ser.* 662: 169-180.
- Rice JA, Miller TJ, Rose KA, Crowder LB, Marschall EA, Trebitz AS, DeAngelis DL (1993) Growth rate variation and larval survival: inferences from an individual-based size-dependent predation model. *Can J Fish Aquat Sci.* 50: 133-142.
- Rivas AL, Pisoni JP (2010) Identification, characteristics and seasonal evolution of surface thermal fronts in the Argentinean Continental Shelf. *J Mar Syst.* 79(1-2): 134-143.
- Seco Pon JP, García G, Copello S, Moretinni A, Lértora HP, Pedrana J, Favero M (2012) Seabird and marine mammal attendance in the Chub mackerel *Scomber japonicus* semi-industrial Argentinian purse seine fishery. *Ocean Coast Manag.* 64: 56-66.
- Seco Pon JP, Moretinni A (2009) Kleptoparasitism by Kelp Gull *Larus dominicanus* on common tern *Sterna hirundo* and south american tern *S. hirundinacea* attending coastal fisheries in Mar Del Plata, Argentina. *Mar Ornithol.* 37: 291-292.
- Sánchez-Carnero N, Góngora ME, Álvarez M, Parma AM (2022) La pesca artesanal en Argentina: caminando las costas del país. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Comodoro Rivadavia.
- Silva-Rodriguez MP, Favero M, Berón MP, Mariano y Jelichich R, Mauco L (2005) Ecología y conservación de aves marinas que utilizan el litoral bonaerense como área de invernada. *Hornero.* 20: 111-130.
- Smith RJ, Moore FR (2003) Arrival fat and reproductive performance in a long-distance passerine migrant. *Oecologia.* 134: 325-331.
- Will AP, Kitaysky AS (2018) Variability in trophic level and habitat use in response to environmental forcing: isotopic niche dynamics of breeding seabirds in the southeastern Bering Sea. *Mar Ecol Prog Ser.* 593: 247-260.
- Zuur AF, Ieno EN, Walker NJ, Saveliev AA, Smith GM (2009). 'Mixed effects models and extensions in ecology with R'. (Springer: New York, U.S.A.)

ANEXO

Tabla A1. Categorías de presas identificadas y sus valores promedio ($\pm$ SD) de isótopos estables de nitrógeno y carbono, extraídos de Lamacchia et al (2019), Gaitán (2012) y DoSouto et al (2025).

Especies	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	Fuentes
Marinos demersales	9	-16,2 $\pm$ 0,3	16,9 $\pm$ 0,5	b
<i>C. guatucupa</i>	5	-16,2 $\pm$ 0,1	17,2 $\pm$ 0,3	
<i>U. brasiliensis</i>	4	-15,9 $\pm$ 0,5	17,2 $\pm$ 0,5	
Marinos demersales juveniles:	6	-16,5 $\pm$ 0,5	14 $\pm$ 0,7	b
<i>C. guatucupa</i>				
Estuarinos demersales	4	-16,3 $\pm$ 0,8	16,2 $\pm$ 0,2	a, b
<i>M. furnier</i>	1	-15,4	16,6	a
<i>Macrodon ancylodon</i>	3	-16,6 $\pm$ 0,2	16,1 $\pm$ 0,3	b
Clupeidos Estuarinos	15	-19,8 $\pm$ 0,4	13,2 $\pm$ 0,8	
<i>B. aurea</i>	13	-19,8 $\pm$ 0,4	12,9 $\pm$ 0,2	a, b
<i>L. grossidens</i>	2	-19,4 $\pm$ 0,2	15,3 $\pm$ 0,1	a
Clupeidos marinos:	9	-18,2 $\pm$ 0,6	14,6 $\pm$ 0,5	a, b
<i>E. anchoita</i>				
Clupeidos marinos inmaduros:	4	-19,3 $\pm$ 0,1	11 $\pm$ 0,3	c
<i>E. anchoita</i>				
Ictioplancton: larvas de <i>E. anchoita</i>	6	-18,3 $\pm$ 0,1	12,8 $\pm$ 0,05	c
Continetales	7	-26,1 $\pm$ 1,4	9,9 $\pm$ 0,6	a, b
Odonata (Insecta)	2	-24,1 $\pm$ 0,8	10,8 $\pm$ 0,7	a
<i>C. palleatus</i>	1	-27,6	9,3	b
<i>P. gracilis</i>	1	-27,7	9,2	b
<i>O. bonaerensis</i>	3	-26,5 $\pm$ 0,4	$\pm$ 1,3	b

a. Valores tomados de Lamacchia et al. 2019; b. Valores tomados de Gaitán 2012; c. Valores tomados de DoSouto et al. 2025

Tabla A2. Estadísticos descriptivos de variables ambientales temperatura superficial del mar (SST), concentración de clorofila a (Chla), salinidad (Sal) y turbidez (TUR); media ($\pm$ SD), mediana y rango.

Variable	Año	Media	Mediana	Rango (min-max)
SST ($^{\circ}\text{C}$)	2013	21,7 $\pm$ 0,4	21,8	18,8 - 24,4
	2014	21,9 $\pm$ 0,4	22,1	20,5 - 22,6
	2016	22,4 $\pm$ 0,5	22,5	20,2 - 23,9
	2017	22,9 $\pm$ 0,6	23,1	18,5 - 24,8
	2018	22,2 $\pm$ 0,7	22,4	16,9 - 23,0
Chla (mg/m3)	2013	10,2 $\pm$ 2,1	10,3	5,3 - 17,8
	2014	9,9 $\pm$ 2,4	9,7	4,9 - 25,2
	2016	11,3 $\pm$ 1,6	11,4	4,7 - 17,0
	2017	9,9 $\pm$ 2,2	9,7	4,9 - 16,3
	2018	8,1 $\pm$ 1,7	8,1	5,0 - 20,2
Sal (ppt)	2013	14,6 $\pm$ 5,1	15,5	5,1 - 23,2
	2014	15,2 $\pm$ 5,6	16,1	4,8 - 25,2
	2016	14,5 $\pm$ 4,9	15,4	5,0 - 23,2
	2017	14,5 $\pm$ 4,9	15,3	5,4 - 23,0
	2018	15,6 $\pm$ 5,4	16,5	4,9 - 24,1
TUR (NTU)	2013	0,9 $\pm$ 0,2	0,9	0,4 - 1,8
	2014	0,9 $\pm$ 0,4	0,8	0,4 - 3,2
	2016	1,0 $\pm$ 0,2	1,0	0,3 - 1,8
	2017	0,8 $\pm$ 0,3	0,8	0,3 - 1,7
	2018	0,6 $\pm$ 0,2	0,6	0,4 - 2,1

Tabla A3. Resultados de cada modelo de análisis lineal generalizado (GLM) realizado utilizando como variables respuesta SEAc, rango de $\delta^{13}\text{C}$ y rango de $\delta^{15}\text{N}$. En negrita se indican los valores significativos.

Variable respuesta	Variable explicativa	Estimador (sd)	Valor -T	p	R ²
SEAc	(Intercept)	4,4 (0,2)	22,9	$< 2\text{e}^{-16}$	0,42
	Chla	0,01 (0,002)	5,8	$< 2\text{e}^{-16}$	
	SST	-0,2 (0,01)	-21,3	8e^{-09}	
rango de $\delta^{13}\text{C}$	(Intercept)	14,6 (1,03)	14,1	$< 2\text{e}^{-16}$	0,29
	Chla	0,1 (0,01)	9,1	$< 2\text{e}^{-16}$	
	SST	-0,6 (0,05)	-13,6	$< 2\text{e}^{-16}$	
rango de $\delta^{15}\text{N}$	(Intercept)	9,5 (0,7)	14,3	$< 2\text{e}^{-16}$	0,26
	Chla	0,1 (0,01)	8,4	$< 2\text{e}^{-16}$	
	SST	-0,4 (0,03)	-12,8	$< 2\text{e}^{-16}$	