

2024

Informe de  
**INVESTIGACIÓN**

**031-24**

NO-2024-46675443-APN-DNI#INIDEP

7/05/2024

## **Ecología trófica de la anchoa de banco (*Pomatomus saltatrix*) en el Río de la Plata**

Florencia A. Pagés, Manuela Parietti, Santiago A. Barbini, Germán E. Buratti, Paula Orlando, A. David Garcíarena, M. Cecilia Spath y Claudio C. Buratti

**Dirección:** Pesquería de Peces  
**Area:** Pesquería Peces Pelágicos

Citar como: Pagés FA, Parietti M, Barbini SA, Buratti GE, Orlando P, Garcíarena AD, Spath MC y Buratti CC. 2024. Ecología trófica de la anchoa de banco (*Pomatomus saltatrix*) en el Río de la Plata. Inf Investigación INIDEP N° 031/24, 20 pp.



# Ecología trófica de la anchoa de banco (*Pomatomus saltatrix*) en el Río de la Plata

Florencia A. Pagés<sup>1,2</sup>, Manuela Parietti<sup>1</sup>, Santiago A. Barbini<sup>2</sup>, Germán E. Buratti<sup>1</sup>, Paula Orlando<sup>1</sup>, A. David Garciarena<sup>1</sup>, M. Cecilia Spath<sup>1</sup> y Claudio C. Buratti<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Ministerio de Economía. Paseo Victoria Ocampo N°1, Escollera Norte, Mar del Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (CONICET / UNMdP). Funes 3350. Mar del Plata, Argentina.

## Resumen

Se estudió la ecología trófica de la anchoa de banco, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae), en ejemplares entre 110 mm y 640 mm de longitud total (LT), provenientes de la región exterior del Río de la Plata. Las muestras fueron recolectadas mediante campañas de investigación llevadas a cabo por el Buque de Investigación Pesquera y Oceanográfica (BIPO) Mar Argentino, durante dos temporadas o estaciones del año: cálida y fría. Se determinó la composición de la dieta y se evaluó el posible efecto de la variación de la LT y la salinidad sobre esta. En términos generales, la dieta de *P. saltatrix* incluyó principalmente peces teleósteos, siendo las presas dominantes *Engraulis anchoita*, *Anchoa marinii* y *Macrodon atricauda*, seguidos en una menor proporción por decápodos, cefalópodos y bivalvos. Se encontró que el tamaño de los peces seccionados o enteros se incrementó a medida que aumentó la LT de *P. saltatrix*. Los individuos de menor tamaño consumieron una alta proporción de presas fraccionadas. En cambio, los de mayor tamaño consumieron presas enteras, aunque también se hallaron algunos restos de presas. En cuanto al análisis de variación de composición de la dieta realizado para individuos capturados en la temporada cálida, se encontró que, para las categorías *E. anchoita*, *A. marinii* y Sciaenidae, la salinidad fue la variable que mejor explicó el consumo de estas presas. *Pomatomus saltatrix* consume ejemplares de Sciaenidae y *A. marinii* en salinidades bajas (<22), mientras que preda sobre *E. anchoita* en salinidades medias (22 - 30) y principalmente en altas (>30). Los resultados de este trabajo aportan información novedosa al escaso conocimiento sobre la biología de *P. saltatrix* en esta región. Conocer la ecología trófica de una especie es de suma importancia para la comprensión de las interacciones ecológicas y gestionar posibles programas de manejo y conservación de la misma.

## Palabras Clave

Anchoa de banco, Pomatomidae, dieta, Río de la Plata.

## Introducción

La anchoa de banco, *Pomatomus saltatrix*, Linnaeus, 1766, es la única especie del género *Pomatomus* perteneciente a la familia Pomatomidae. Esta especie es un mesopredador pelágico y migratorio que se encuentra distribuido globalmente, y particularmente en el Atlántico Sudoccidental (ASO), se distribuye desde el Golfo de Venezuela (11° 30' N) hasta los 40°S en Argentina (Hansen et al. 2004). Los individuos adultos son de color verde azulado en la parte superior, plateados en la parte inferior, y moderadamente robustos. Poseen hocico puntiagudo, boca grande y oblicua, y la aleta caudal es grande y bifurcada. La longitud máxima es de aproximadamente 1.150 mm, pero la longitud más comúnmente registrada en la plataforma argentina es de 670 mm. La edad máxima reportada es de 12 años (Shepherd et al. 2006) y alcanza la madurez sexual cuando su longitud media es de 350 mm (Haimovici y Krug 1996).

Los adultos se encuentran típicamente en aguas cálidas a temperaturas mayores a 14°C - 16 °C, pero pueden tolerar un rango de temperaturas entre 11,8 °C y 30,4 °C (Olla y Studholme 1971). El desove, la migración estacional y el ciclo de vida están estrechamente vinculados a la temperatura. Esta especie es un desovante múltiple con fecundidad intermedia que libera grandes cantidades de huevos pequeños de manera continua durante la migración primaveral (Salekhova 1959; Deuel et al. 1966). Este proceso ocurre en aguas superficiales con temperaturas que oscilan entre los 20 °C y 26,8 °C (Norcross et al. 1974; Kendall y Walford 1979; Ditty y Shaw 1995; Juanes et al. 1996).



*Pomatomus saltatrix* posee una gran importancia tanto en actividades pesqueras recreativas como comerciales, y contribuye a una captura global que alcanza aproximadamente las 20.000 t (FAO, 2016). En el océano Atlántico sudoccidental es considerada una especie relativamente abundante desde el sur de Brasil hasta el norte de Argentina, donde un único stock es capturado principalmente con redes de cerco y redes de enmalle (Juanes et al. 1996). La mayor información que existe sobre esta especie proviene de Brasil. Allí, entre 1976 y 1983, el 99% de las capturas correspondieron a individuos de 1 a 4 años de edad, pero entre los años 1992 y 2008, frente a Río de Janeiro, la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) estimada disminuyó en un 54% (Bender et al. 2014). En Argentina, las capturas fueron importantes a principios de los años setenta (Forciniti et al. 1988), pero desde los años ochenta sólo alcanzaron una media cercana a las 400 t/año, mientras que los desembarques declarados en los años 2022 y 2023 fueron de 159,2 t y 501,1 t, respectivamente (Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca 2023). *Pomatomus saltatrix* se encuentra actualmente catalogada a nivel global como una especie vulnerable en la Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, Carpenter et al. 2015).

El estudio de la ecología trófica de organismos marinos desempeña particularmente un papel fundamental en la comprensión de las interacciones ecológicas y la evaluación del estado de los ecosistemas acuáticos, siendo de gran importancia en estudios sobre depredación, competencia, trofodinámica y redes tróficas (Amundsen et al. 1996; da Silveira et al. 2020). Este tipo de metodología de análisis permite identificar las preferencias alimentarias, los patrones de consumo y las relaciones tróficas de las especies, proporcionando además información relevante para la gestión sostenible de los recursos pesqueros (Torres 2013). Investigaciones previas en varias poblaciones alrededor del mundo han demostrado que *P. saltratrix* consume grandes proporciones de invertebrados en las primeras etapas de su vida, para luego cambiar a una dieta piscívora, principalmente conformada por peces de pequeño tamaño (Juanes y Conover 1994a; Buckel et al. 1999; Lucena et al. 2000). *Pomatomus saltatrix* desempeña un papel fundamental como predador dominante, tanto en ambientes estuarinos como costeros. Este comportamiento voraz, en el momento de su alimentación, podría reducir la disponibilidad de presas para otros predadores (Hartmart y Brandt 1995).

En Argentina, la región del Río de la Plata (RP) es una de las áreas donde se registra la presencia de *P. saltratrix* (Jaureguizar et al. 2003). En la actualidad, no existen estudios que determinen su rol como predador y el uso del hábitat del RP y su área de influencia por parte de esta especie. Con el fin de incrementar el conocimiento de la ecología de esta especie en esa región, se planteó como objetivo principal estudiar la ecología trófica de *P. saltratrix* en el RP y áreas adyacentes, describiendo cualitativa y cuantitativamente la composición de la dieta. Además, analizar el modo de alimentación evaluando la relación entre el tamaño de *P. saltratrix*, el tamaño de las presas y la proporción de presas seccionadas y enteras, y evaluar si la longitud de este pez y las condiciones ambientales influyen en la composición de la dieta en la temporada cálida.

## **Materiales y métodos**

### **Área de estudio**

El área de estudio, desde los 34° 56' S hasta los 36° 23' S, comprende al RP y su área de influencia. La cuenca del RP, la segunda más grande de Sudamérica, se caracteriza por aguas con un rango de salinidad de entre 0 y 33,8 y con temperaturas entre 10 °C y 12 °C en invierno y entre 19 °C y 23 °C en verano. El estuario adquiere un perfil bicapa con una estratificación vertical marcada que se desvanece gradualmente hacia el mar. En la costa uruguaya, más profunda y abierta, la proximidad del canal de drenaje genera un régimen estratificado y dinámico, dando lugar a un frente muy variable. En cambio, la Bahía Samborombón, al ser semicerrada y poco profunda, presenta un frente relativamente homogéneo, y se encuentra distante de los principales canales de drenaje. Se caracteriza por la existencia de una cuña salina casi permanente, que da lugar a frentes de salinidad de fondo y de superficie. La pluma de agua dulce del RP muestra fuerte variabilidad estacional influenciada por los

vientos (de mar y tierra) y el drenaje continental. Para el RP se definen dos periodos con patrones de descarga diferentes. De abril a agosto, los vientos de mar y tierra se equilibran, con máximo drenaje continental, resultando en una deriva principal NNE de las aguas estuarinas a lo largo de la costa uruguaya. De octubre a febrero, los vientos de tierra dominan, con menor drenaje continental, lo que lleva a una extensión de las aguas salobres hacia el sur en la costa argentina, y una penetración de aguas de plataforma hasta Punta del Este (Uruguay), restringiendo la deriva NNE (Lasta 1995; Guerrero et al. 1997a).

### Obtención de las muestras

En el marco de distintas campañas de investigación llevadas a cabo por el BIPO Mar Argentino, perteneciente al INIDEP, se recolectaron ejemplares de *P. saltatrix* en los meses de marzo (MA-2022/03), julio (MA-2022/09) y septiembre (MA-2022/13) del año 2022 (Figura 1). En todas las campañas se utilizó una red de arrastre de fondo con portones polivalentes. En función del número de individuos, estructura de longitudes y temporalidad de las muestras obtenidas, se ha categorizado a la campaña de marzo como “temporada cálida”, mientras que las campañas de julio y septiembre en conjunto se clasificaron como “temporada fría”.

Los ejemplares capturados fueron congelados a bordo a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , para luego ser procesados en el laboratorio del Programa Pesquerías de Peces Pelágicos del INIDEP. A cada ejemplar, se le registró la longitud total (LT: mm), se determinó el sexo y el estadio de madurez sexual mediante la observación macroscópica de los órganos reproductivos (inmaduro y maduro). Se extrajeron los estómagos, se guardaron en bolsas plásticas con sus respectivos rótulos y se conservaron en el freezer ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) para su posterior análisis. Los datos oceanográficos de temperatura y salinidad superficial de cada lance (TSM y SSM, respectivamente), fueron solicitados a la Base Regional de Datos Oceanográficos del INIDEP (BARDO 2022).

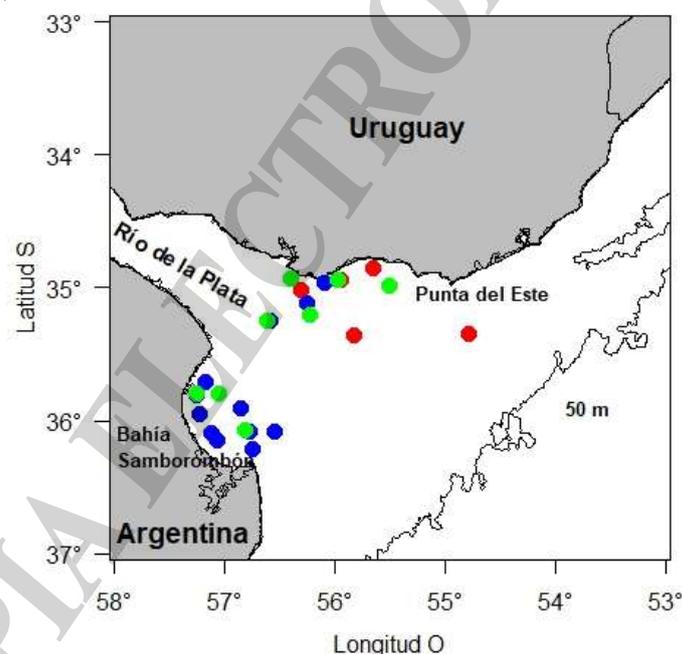


Figura 1. Área de estudio del Río de la Plata en la cual se muestra la ubicación de los lances de pesca con captura de *P. saltatrix* y la isobata a los 50 m. Círculos rojos: lances de la campaña de marzo (cálida); círculos azules: lances de la campaña de julio (fría); círculos verdes: lances de la campaña de septiembre (fría).

### Análisis general de la dieta por temporadas



La composición de la dieta de *P. saltratrix* en cada temporada fue estudiada a partir del análisis de contenido estomacal. La separación de las presas se llevó a cabo bajo lupa binocular en el Grupo de Investigación Biología de Peces (UNMDP / CONICET). Las presas fueron identificadas hasta el nivel taxonómico más bajo posible mediante guías de identificación (Cousseau y Perrota 2013; Spivak et al. 2019) y consultas a especialistas. De cada presa identificada, se registró el número y el peso húmedo, utilizando una balanza digital con una precisión de 0,01 g. Cuando se hallaron presas enteras de peces óseos en un estado de digestión menor, se tomó longitud total en mm (i.e. desde el extremo anterior hasta el extremo de la aleta caudal) mediante el uso de un calibre. Cuando se encontraron trozos o porciones de peces óseos, se procedió de manera similar y se estimó la longitud total de los mismos (mm). Cuando el estado de digestión de los peces presa era muy avanzado, y en caso que fuera posible, se extrajeron los otolitos *sagittae* para la posterior identificación de la presa a nivel de especie (Volpedo 2017; Onorio 2020).

Para determinar el número mínimo de muestras necesarias para describir la dieta y realizar los análisis estadísticos, se construyeron curvas acumulativas de diversidad media utilizando el índice de diversidad de Shannon. Para realizar las curvas, el número acumulativo de muestras fue aleatorizado en 100 repeticiones, y se graficaron el número de individuos con contenido estomacal en función de la diversidad media de presas de Shannon. Se consideró que el tamaño de la muestra fue suficiente para continuar con los análisis posteriores, cuando la curva generada alcanzó una asíntota (Magurran 2004).

Para describir cualitativamente y cuantificar la composición de la dieta, se calcularon el porcentaje en número (%Ni: número de individuos de la presa *i* registrados en los estómagos expresado como porcentaje del número total de presas), el porcentaje en peso (%Pi: contribución en peso de la presa *i* expresada como porcentaje del peso total de todas las presas), y el porcentaje en frecuencia de ocurrencia (%FOi: estómagos que contienen una determinada presa *i* expresado como un porcentaje del número total de estómagos con contenido). Estos índices se utilizaron para calcular el índice de importancia relativa como  $IRI_i = \%FO_i * (\%Ni + \%Pi)$ , que permite realizar una mejor comparación entre las distintas categorías de presas (Cortés 1997).

### Modo de alimentación

Para estudiar el modo de alimentación, se evaluó la relación entre el tamaño de *P. saltratrix* y el tamaño de las presas utilizando la LT de cada individuo y el tamaño de las secciones y de presas enteras mediante el ajuste de regresiones por cuantiles. Este enfoque metodológico permite testear el incremento del tamaño mínimo, medio y máximo de las presas consumidas con el incremento del tamaño del predador. La técnica de regresión por cuantiles es muy robusta con respecto a los valores periféricos y dispersos (*outliers*), en comparación a técnicas de regresión simple promedio (Scharf et al. 1998).

También, se evaluó la relación de la proporción de presas seccionadas y presas enteras en función del tamaño del cuerpo de *P. saltratrix*. Se ajustó un modelo lineal generalizado (GLM por sus siglas en inglés; Venables y Ripley 2002) mediante un enfoque de modelado de hipótesis múltiples y selección de modelo (Franklin et al. 2001), en el cual la variable respuesta fue la presencia o ausencia de presas seccionadas y enteras mientras que la variable independiente fue la LT de *P. saltratrix* (LT). La distribución de los errores de los datos se ajustó a una distribución binomial con una función de enlace logit (Crawley 2007).

### Análisis de la variación en la composición de la dieta en relación a las condiciones oceanográficas

Para evaluar posibles cambios en la composición de la dieta se ajustaron GLM mediante un enfoque de modelado de hipótesis múltiples y selección de modelo (Franklin et al. 2001). La variable respuesta fue el número de presas consumidas por *P. saltratrix* mientras que las variables independientes fueron la LT y las condiciones oceanográficas. Se ajustaron modelos con combinaciones entre las variables independientes y un modelo sin variables independientes (i.e. modelo nulo), para evaluar la falta de efecto de las variables analizadas sobre el consumo de las



categorías de presas (Tabla 1). A cada modelo se le asignó una función de enlace (link) entre la variable respuesta e independientes y una distribución de error acorde al tipo de la variable de respuesta (Crawley 2005). La distribución de los errores de los datos se analizó de acuerdo a una distribución de Poisson o a una distribución binomial negativa, dependiendo de los resultados. Las familias de distribuciones de cada categoría de presa fueron elegidas tomando en cuenta la relación entre la varianza y la media del conjunto de datos (Crawley 2007). Cuando la varianza se aproxima o es igual a la media, se considera apropiada la distribución de Poisson, y cuando la varianza exhibe variación proporcional con respecto a la media, es elegida la distribución binomial negativa (Crawley 2007). Para cada modelo ajustado, se calculó el valor del criterio de información de Akaike (AIC), y el modelo con el menor valor de AIC fue seleccionado como el mejor (Franklin et al., 2001; Johnson y Omland, 2004). También se calculó el peso de Akaike ( $w$ ), que es la estimación de la probabilidad relativa de un modelo determinado con respecto al mejor modelo para los datos observados (Franklin et al., 2001; Johnson y Omland, 2004). Todos los análisis se realizaron utilizando el programa estadístico R (R Development Core Team 2023).

Tabla 1. Modelos ajustados entre el número de presas consumidas (N) por individuos de *P. saltatrix* para la temporada cálida y las variables independientes. LT: longitud total; 1: modelo nulo.

Número	Modelos
1	$N \sim LT$
2	$N \sim \text{Salinidad}$
3	$N \sim LT + \text{Salinidad}$
4	$N \sim LT * \text{Salinidad}$
5	$N \sim 1$

## Resultados

### Análisis general de la dieta

Un total de 269 ejemplares fueron muestreados, de los cuales 185 correspondieron a la temporada cálida, cuyo rango de longitudes totales varió entre 110 mm y 425 mm, y 84 individuos a la temporada fría, de entre 210 mm y 640 mm LT. Del total de las muestras de la temporada cálida, 81 individuos (43,8 %) presentaron contenido en sus estómagos, cuya longitud varió entre 110 mm y 285 mm, mientras que, de la temporada fría, sólo 20 individuos (23,8 %) presentaron contenido en sus estómagos (Figura 2). La curva acumulativa de diversidad media del índice de diversidad de Shannon correspondiente a la temporada cálida alcanzó una asíntota e indicó que el tamaño muestral fue suficiente para realizar la descripción de los hábitos alimenticios de *P. saltatrix* (Figura 3a). Sin embargo, para la temporada fría, la curva acumulativa de diversidad media del índice de diversidad de Shannon no alcanzó una asíntota (Figura 3b).

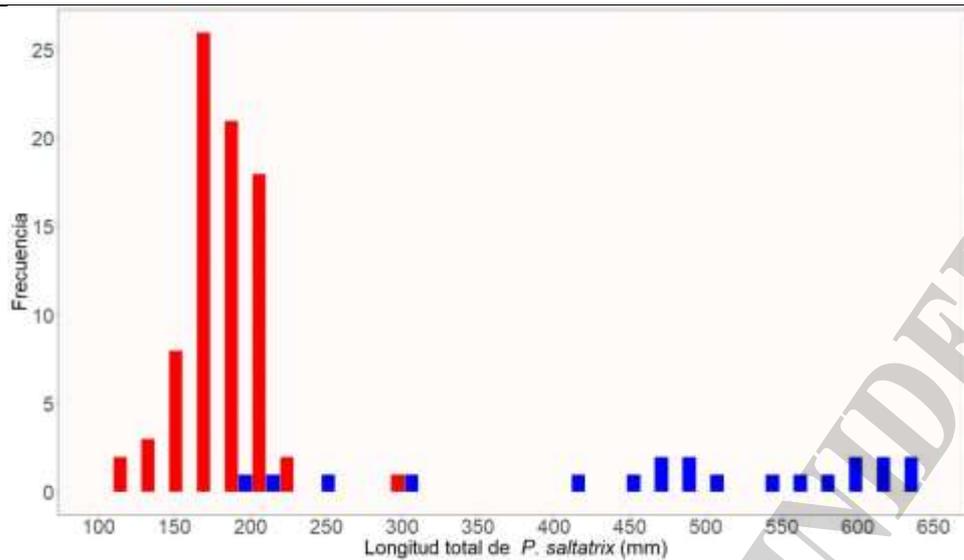


Figura 2. Distribución de frecuencias en función de la longitud total de los individuos muestreados de *P. saltatrix* que presentaron contenido en sus estómagos (101), en la región del Río de la Plata durante la temporada cálida (rojo) y fría (azul) del año 2022.

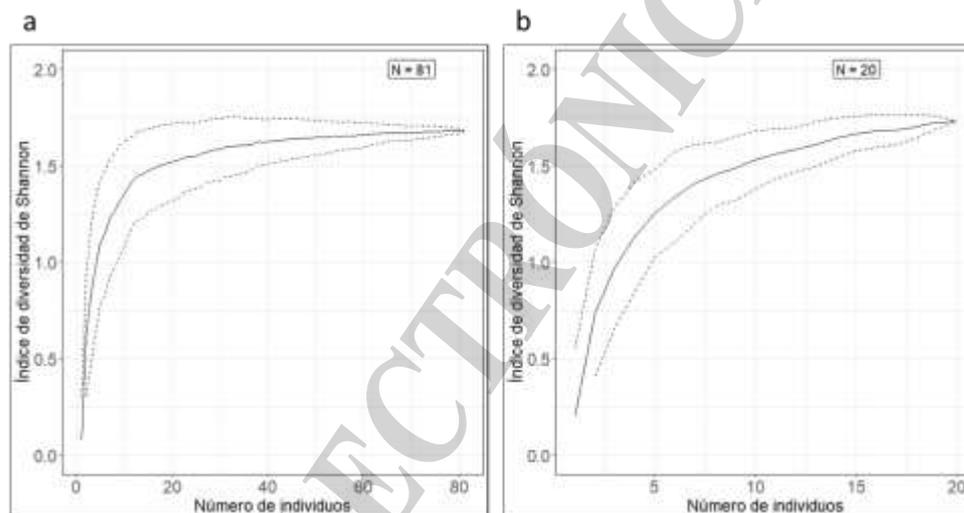


Figura 3. Índice de diversidad acumulativo medio de Shannon para la temporada cálida (a) y fría (b) del año 2022 en función del número de individuos muestreados de *P. saltatrix* que presentaron contenido en sus estómagos en la región del Río de la Plata. Las líneas discontinuas indican el desvío estándar.

Con respecto a la composición de la dieta en general, se registraron diez especies correspondientes a los grupos teleósteos, decápodos, cefalópodos y bivalvos. Dentro del grupo teleósteos, se registraron las especies *E. anchoita* y *A. marinii* (Engraulidae), *Macrodon atricauda* y *Paralonchurus brasiliensis* (Sciaenidae), *Odontesthes incisa* (Atherinopsidae) y *Stromateus brasiliensis* (Stromateidae). De los grupos decápodos, cefalópodos y bivalvos, solo se registraron las especies *Artemesia longinaris*, *Loligo sanpaulensis* y *Pitar rostrata*, respectivamente.

La dieta de *P. saltatrix* en la temporada cálida incluyó principalmente peces teleósteos, destacándose *E. anchoita* y *A. marinii* como las especies presa más consumidas en términos de %IRI, %Ni y %FOi. En relación al índice %Pi, *E. anchoita* fue la especie que más contribuyó con el índice casi en su totalidad. Ejemplares de la familia Sciaenidae también fueron un ítem presa muy consumido, pero en menor importancia. Decápodos y cefalópodos representaron una proporción aún menor (Tabla 2).



Tabla 2. Composición de dieta de *P. saltatrix* durante la temporada cálida del año 2022 en la región del Río de la Plata. %N<sub>i</sub>: porcentaje por número; %P<sub>i</sub>: porcentaje por peso; %FO<sub>i</sub>: porcentaje de frecuencia de ocurrencia; IRI<sub>i</sub>: índice de importancia relativa; %IRI: porcentaje de IRI a tres niveles de categorías de presas.

Ítem presa	%N <sub>i</sub>	%P <sub>i</sub>	%FO <sub>i</sub>	IRI <sub>i</sub>	%IRI	%IRI	%IRI
<b>TELEOSTEI</b>	94,9	99,9	96,3	18766,5	99,9		
Restos de pez óseo	39,4	1,4	46,9	1912,3		19,8	39,3
Engraulidae						79,6	
<i>Engraulis anchoita</i>	18,2	96,5	20,9	2407,5			49,5
<i>Anchoa marinii</i>	15,2	0,9	17,3	277,1			5,7
Engraulidae no identificados	13,1	0,9	14,8	207,4			4,3
Sciaenidae						0,4	
Sciaenidae no identificados	7,1	0,2	4,9	35,7			0,7
Atherinopsidae							
<i>Odontesthes incisa</i>	2	0,1	2,5	5,3		0,1	0,1
<b>DECAPODA</b>							
<i>Artemesia longinaris</i>	2	0,01	2,5	5	0,03	0,1	0,1
<b>CEPHALOPODA</b>							
<i>Loligo sanpaulensis</i>	3	0,1	3,7	11,5	0,06	0,1	0,2

A pesar de que el número de estómagos de la temporada fría no resultó suficiente para realizar una descripción de la dieta, en una primera aproximación, ésta incluyó principalmente peces teleósteos, dentro de los cuales la familia Sciaenidae fue la más importante, destacándose *M. atricauda* como la presa más consumida en términos de %IRI, %Ni, %FOi y %Pi. A diferencia de la dieta general, *A. marinii* también fue consumida, pero en menor importancia. Decápodos y bivalvos fueron muy poco consumidos, destacándose *A. longinaris* en mayor proporción (Tabla 3).

Tabla 3. Composición de dieta de *P. saltatrix* durante la temporada fría del año 2022 en la región del Río de la Plata. %N<sub>i</sub>: porcentaje por número; %P<sub>i</sub>: porcentaje por peso; %FO<sub>i</sub>: porcentaje de frecuencia de ocurrencia; IRI<sub>i</sub>: índice de importancia relativa; %IRI: porcentaje de IRI a tres niveles de categorías de presas.

Ítem presa	%N <sub>i</sub>	%P <sub>i</sub>	%FO <sub>i</sub>	IRI <sub>i</sub>	%IRI	%IRI	%IRI
<b>TELEOSTEI</b>	82,4	99,5	23,5	4266	98,5		
Restos de pez óseo	23,5	1,8	8,6	219,1		9,1	10,2
Engraulidae						1,3	
<i>Anchoa marinii</i>	11,8	0,4	2,5	30,2			1,4
Sciaenidae						86,7	
<i>Macrodon atricauda</i>	38,2	96,3	13,6	1826,4			84,8
<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	2,9	0,04	1,2	3,7			0,2
Sciaenidae no identificados	2,9	0,2	1,2	3,9			0,2
Stromateidae							
<i>Stromateus brasiliensis</i>	2,9	0,7	1,2	4,5		0,2	0,2
<b>DECAPODA</b>							
<i>Artemesia longinaris</i>	11,8	0,1	4,9	58,8	1,36	2,4	2,7
<b>BIVALVIA</b>							
<i>Pitar rostrata</i>	2,9	0,2	1,2	3,9	0,09	0,2	0,2
<b>Restos no identificados</b>	2,9	0,1	1,2	3,8	0,09	0,2	0,2

## Modo de alimentación

Al analizar el modo de alimentación de *P. saltatrix*, se encontraron diferencias entre los individuos de mayor y menor longitud. A medida que la LT aumentó, el tamaño mínimo y máximo de

secciones y presas enteras consumidas se incrementó (Tabla 4). Los individuos de menor LT consumieron presas de menor tamaño y a medida que los individuos aumentaron en tamaño consumieron presas más grandes (Figura 4).

Tabla 4. Resultado de las regresiones por cuantiles al 5%, 50% y 95%, detallando los interceptos, coeficientes y respectivos valores p.

Datos	Cuantil		
	0,05	0,5	0,95
Intercepto	13,85	26,21	26
Coefficiente	0,03	0,05	0,18
Valor p	0,02	0,13	<0,001

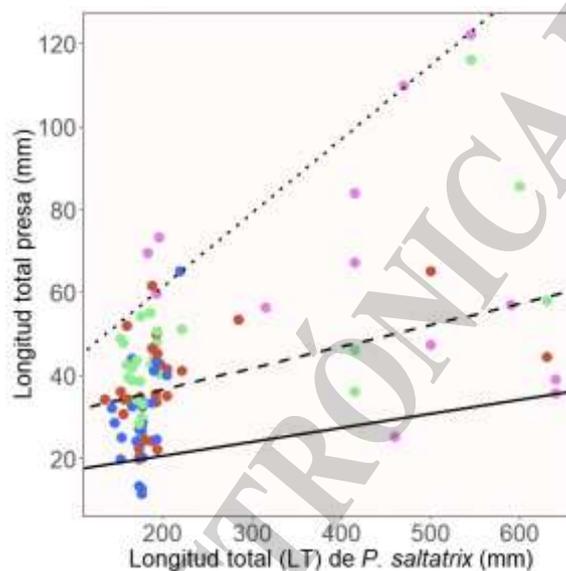


Figura 4. Representación del tamaño de las presas (seccionadas y enteras) en función de la longitud total de *P. saltatrix* con ajuste de regresiones por cuantiles. Los puntos de color rojo, azul y verde representan las secciones de cabeza, tronco y cola, respectivamente. Los puntos de color rosa representan las presas enteras. La línea sólida representa la regresión al cuantil 0,05; la línea discontinua la regresión al cuantil 0,5 y la línea punteada la regresión al cuantil 0,95.

En cuanto a la relación de la proporción de presas seccionadas y presas enteras en función del tamaño del cuerpo de *P. saltatrix*, se encontró que los individuos de menor tamaño consumieron una alta proporción de presas seccionadas. En cambio, los de mayor tamaño consumieron una mayor proporción de presas enteras, aunque también consumieron algunas presas seccionadas (Figura 5). Los individuos de menor LT que mostraron preferencia por presas de menor tamaño, consumieron secciones con un rango de longitud entre 10 mm y 70 mm, con preferencia de las cabezas y los troncos. A medida que *P. saltatrix* aumentó en tamaño, los individuos consumieron presas enteras en un rango de longitud de entre 20 mm y 120 mm (Figura 6).

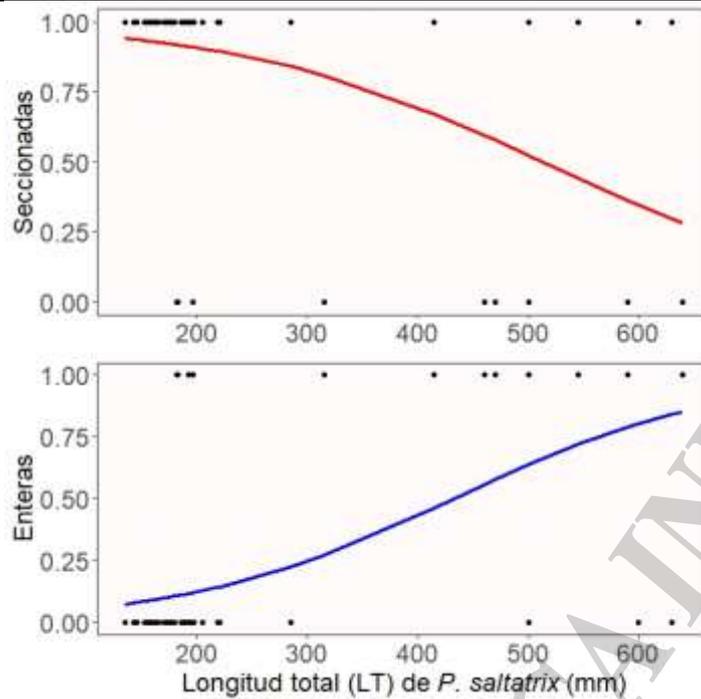


Figura 5. Representación del número de presas seccionadas (línea roja) y enteras (línea azul) en función de la longitud total (LT) de individuos de *P. saltatrix*.

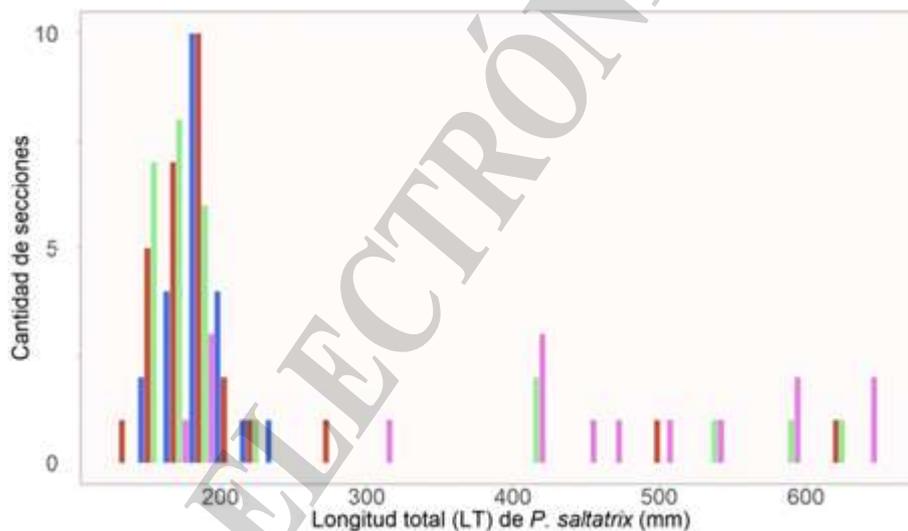


Figura 6. Histograma que representa el número de presas consumidas en función de la longitud total de *P. saltatrix*, diferenciándolas en secciones (cabeza: color rojo; tronco: color azul; cola: color verde) y presas enteras (color rosa).

#### Análisis de la variación en la composición de la dieta en relación a las condiciones oceanográficas

Debido a que el número de estómagos de la temporada fría no resultó suficiente para realizar una descripción de la dieta (Figura 3b), el análisis de la variación en la composición de la dieta en función de las longitudes de *P. saltatrix* y las condiciones oceanográficas sólo se realizó para la temporada cálida.

Las variables oceanográficas de TSM y SSM se utilizaron para caracterizar el área de distribución de las muestras para la temporada cálida. Debido a que la TSM se registró entre 21,5 °C y 22,7 °C (media  $\pm$  desvío: 22,3 °C  $\pm$  0,3 °C), con poca variabilidad y valores propios de esta estación del año, no se utilizó para las categorizaciones posteriores. Por su parte, la SSM se registró entre 10 y 32,2

(media  $\pm$  desvío:  $23,6 \pm 6,5$ ), con los menores valores registrado hacia el oeste, hacia el RP, y los mayores en el este, hacia aguas de plataforma (Figura 7). Esta última se categorizó como alta ( $> 30$ , salinidades de aguas de plataforma), media (22-30, zona de mezcla del sistema frontal salino) y baja ( $< 22$ , salinidad propia del RP), a partir de la clasificación ambiental realizada para la zona por Martos et al. (2005), y teniendo en cuenta las condiciones oceanográficas para primavera-verano (Guerrero et al. 1997a). Con los datos de TSM y SSM medidos *in situ*, se realizó una extrapolación a grillas regulares de 1 mn para el área cubierta para poder asociar los valores oceanográficos a los lances de pesca. A partir de la categorización de la SSM y con respecto a los límites establecidos en las categorías, se registraron 37 muestras con contenido estomacal en aguas de salinidad baja, 26 en salinidad media y 18 en la salinidad alta en la temporada cálida (Figura 8).

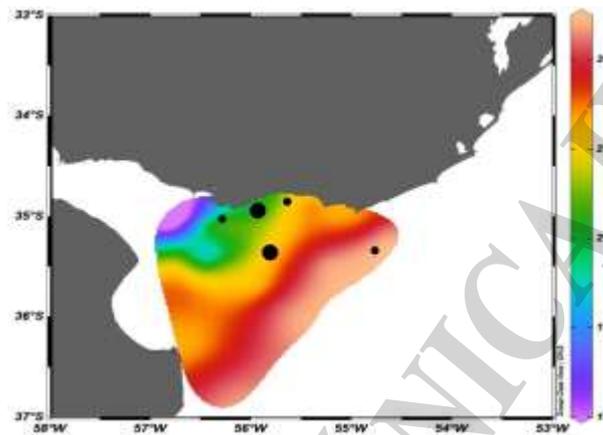


Figura 7. Área de estudio del Río de la Plata donde se muestra la ubicación de los lances de pesca con captura de *P. saltatrix* correspondientes a la temporada cálida para el año 2022 en función de los valores de salinidad de superficie del mar (SSM). Los círculos aumentan de tamaño con respecto a la cantidad de estómagos con contenido analizados en cada lance.

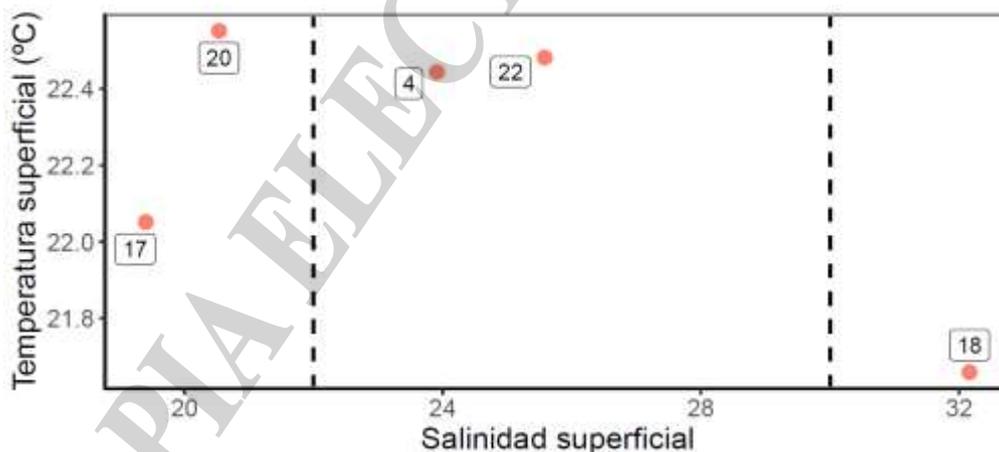


Figura 8. Diagrama T-S con los lances de pesca en los cuales se capturó *P. saltatrix* en la temporada cálida para el año 2022. Los números sobre los puntos indican la cantidad de individuos con contenido estomacal por lance. Las líneas punteadas indican las categorías de salinidad (baja  $< 22$ , media: 22-30, alta  $> 30$ ).

Las curvas acumulativas de diversidad media del índice de diversidad de Shannon de los individuos correspondientes a las tres categorías de salinidad consideradas alcanzaron una asíntota, lo que indica que el tamaño de las muestras fue suficiente para realizar los análisis estadísticos (Figura

9a). El rango de LT registrado u observado en salinidades bajas fue de 130 - 280 mm, en salinidades medias fue de 110 - 210 mm, y en salinidades altas fue de 165 - 205 mm (Figura 9b).

Las cinco categorías de presas consideradas en el análisis de la temporada cálida fueron de diferentes niveles taxonómicos: teleósteos, Engraulidae, Sciaenidae, *E. anchoita* y *A. marinii*. Estas categorías, además de presentar un %FOi > 4, fueron las presas que mejor reflejaron la variabilidad ecológica de la dieta de *P. saltatrix*. Para la categoría de presas teleósteos y Engraulidae, el mejor modelo, con el menor valor de AIC, fue el nulo (modelo 5). Ninguna de las dos variables independientes consideradas (longitud total y salinidad) explicaron el consumo de estas categorías de presa (Tabla 5). El modelo que mejor explicó el consumo de Sciaenidae, *E. anchoita* y *A. marinii* fue el que incluyó la variable salinidad (modelo 2). Estos resultados indicaron que existe un efecto de dicha variable sobre el consumo de estas especies presa. El consumo de la especie presa *E. anchoita* fue muy elevado en salinidades altas, menor en salinidades medias y casi inexistente en salinidades bajas. Por otro lado, el consumo de ejemplares de Sciaenidae y de la especie *A. marinii* fue mayor en salinidades bajas (Tabla 6 y Figura 10).

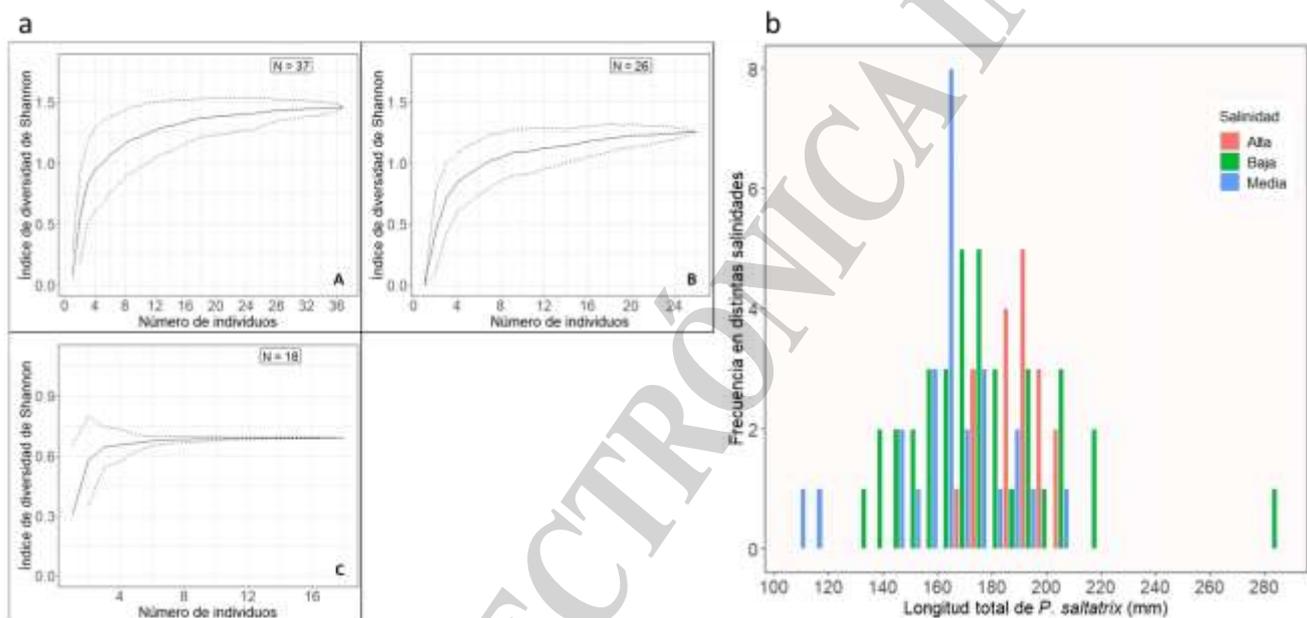


Figura 9. Índice de diversidad acumulativo medio de Shannon (a) en función del número de individuos muestreados de *P. saltatrix* que presentaron contenido en sus estómagos, para las tres categorías de salinidad (A: salinidad baja; B: salinidad media; C: salinidad alta). Las líneas discontinuas indican el desvío estándar. Distribución de frecuencias de la longitud total (b) de los individuos de *P. saltatrix* en la región del Río de la Plata por categorías de salinidad durante la temporada cálida.



Tabla 5. Desempeño de los modelos lineales generalizados para las distintas categorías de presas consumidas por *P. saltatrix*. Los valores resaltados en **negrita** marcan el modelo con mejor desempeño. LT: longitud total; Sal: salinidad; 1: modelo nulo; AIC: Criterio de Información de Akaike;  $\Delta$ AIC: diferencia de AIC entre el mejor modelo y el modelo evaluado; w: peso de Akaike.

Ítems presa	Modelos	AIC	$\Delta$ AIC	w
<b>Teleósteos</b>	1: LT	192,06	1,6	0,21
	2: Sal	192,10	1,7	0,21
	3: LT+Sal	194,09	3,7	0,08
	4: LT*Sal	197,62	7,2	0,01
	<b>5: 1</b>	<b>190,42</b>	<b>0,0</b>	<b>0,49</b>
<b>Engraulidae</b>	1: LT	151,41	1,2	0,23
	2: Sal	151,56	1,3	0,21
	3: LT+Sal	152,94	2,7	0,11
	4: LT*Sal	155,22	5,0	0,03
	<b>5: 1</b>	<b>150,21</b>	<b>0,0</b>	<b>0,42</b>
<b>Sciaenidae</b>	1: LT	46,64	4,0	0,07
	<b>2: Sal</b>	<b>42,59</b>	<b>0,0</b>	<b>0,53</b>
	3: LT+Sal	44,30	1,7	0,22
	4: LT*Sal	48,30	5,7	0,03
	5: 1	45,08	2,5	0,15
<b><i>E. anchoita</i></b>	1: LT	91,71	26,3	<0,001
	<b>2: Sal</b>	<b>65,40</b>	<b>0,0</b>	<b>0,56</b>
	3: LT+Sal	66,16	0,8	0,38
	4: LT*Sal	69,99	4,6	0,06
	5: 1	93,53	28,1	<0,001
<b><i>A. marinii</i></b>	1: LT	85,83	21,4	<0,001
	<b>2: Sal</b>	<b>64,47</b>	<b>0,0</b>	<b>0,68</b>
	3: LT+Sal	66,25	1,8	0,28
	4: LT*Sal	70,25	5,8	0,04
	5: 1	83,98	19,5	<0,001

Tabla 6. Mejores modelos explicando el consumo en número de las principales categorías de especies presa de *P. saltatrix*. Los coeficientes de los modelos son relativos a la variable salinidad alta.

Presa	Intercepto	Coefficientes
Sciaenidae	-21,30	19,64 salinidad baja
	-21,30	<0,001 salinidad media
<i>E. anchoita</i>	-0,25	-20,05 salinidad baja
	-0,25	-1,62 salinidad media
<i>A. marinii</i>	-20,30	19,40 salinidad baja
	-20,30	<0,001 salinidad media

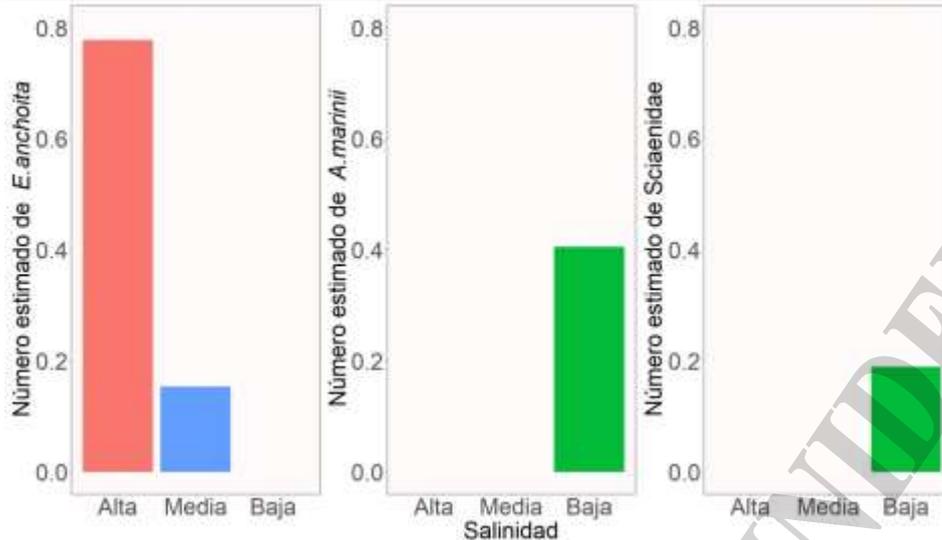


Figura 10. Cambios en el consumo de diferentes presas de *P. saltatrix* con la salinidad en la región del Río de la Plata, estimado por modelos lineales generalizados.

## Discusión

Los ejemplares de *P. saltatrix* en el RP se alimentaron principalmente de peces teleósteos, siendo las presas dominantes *E. anchoita*, *A. marinii* y *M. atricauda*, seguidos en menor proporción por decápodos, cefalópodos y bivalvos. Se encontró, que a medida que se incrementa la longitud total de *P. saltatrix*, aumenta el tamaño de las presas. También, que los individuos más pequeños consumen una alta proporción de presas seccionadas, mayoritariamente cabezas y troncos, mientras que los de mayor tamaño consumen principalmente presas enteras, aunque también algunas presas seccionadas. Además, en la temporada cálida, el consumo de *E. anchoita* fue mayor en salinidades altas, menor en medias y casi inexistente en bajas, mientras que el consumo de *A. marinii* y de ejemplares de la familia Sciaenidae fue predominante en salinidades bajas.

Resultados similares fueron registrados en otros trabajos de la región. Haimovici y Krug (1992) estudiaron la dieta de *P. saltatrix* en aguas costeras de Río Grande y en el estuario de la Laguna de los Patos (Brasil). Estos autores registraron que las presas consumidas por los juveniles incluyeron pequeños peces costeros y estuarinos como *E. anchoita*, *A. marinii* y *Mugil spp.*, crustáceos decápodos como *A. longinarius* y *Callichirus mirim* y el misidáceo *Siriella spp.* Las presas consumidas por los individuos maduros incluyeron una mayor diversidad de peces teleósteos, principalmente *E. anchoita*, *Trachurus lathami*, *A. marinii*, *Trichiurus lepturus*, *M. atricauda* y *Cynoscion guatucupa* y el calamarete *L. sanpaulensis*, entre los cefalópodos. Varias especies de presas consumidas, descritas en estos trabajos en Brasil, son coincidentes con las halladas en el RP. Esta observación es coherente, considerando que las localidades de Laguna Los Patos y Río Grande se encuentran en proximidad al área de estudio, indicando un mismo patrón de consumo de especies de presas principales a nivel regional.

Al igual que en el RP, también se registran en otras regiones del mundo trabajos que indican que esta especie se alimenta principalmente de peces de hábitat costeros y estuarinos, definiendo de esta manera a *P. saltatrix* como un predador piscívoro (Juanes et al., 1996). En áreas estuariales, a lo largo de la costa este de los Estados Unidos, los juveniles se alimentan principalmente de peces pequeños y abundantes como el aterinópsido *Menidia menidia*, el engraulido *Anchoa mitchilli* y el morónido *Morone saxatilis* (Friedland et al. 1988; Juanes et al. 1993; Creaser y Perkins 1994). Asimismo, en otros continentes, como en el Mar Negro, en el Sudeste de África, y en el Oeste y Este de Australia, la dieta de *P. saltatrix* incluye principalmente peces pequeños y abundantes de las familias Engraulidae, Clupeidae y Atherinidae, predominantemente (Borcea 1933; Oven 1957; Kolarov 1964; Thomson



1957, 1959; Porumb 1968, 1971; Bade 1977; Blaber y Blaber 1980; SPCC 1981; Smale y Kok 1983; Marais 1984; Smale 1984, 1986; Ivanov y Beverton 1985; Bennett 1989; Schilling et al. 2017).

Diferencias estacionales fueron identificadas en la composición de la dieta de ejemplares de *P. saltatrix* en la región estuarial del RP. *Macrodon atricauda* fue la presa más consumida en la temporada fría, seguida en menor medida por *A. marinii*, mientras que en la temporada cálida lo fueron *E. anchoita*, *A. marinii* y ejemplares de Sciaenidae. Sin embargo, no fue posible realizar una comparación detallada e identificar un patrón concluyente en la composición de la dieta entre temporadas por dos motivos. En primer lugar, porque la muestra de la temporada fría no fue representativa en número de individuos y, en segundo lugar, porque existen marcadas diferencias entre las longitudes de los ejemplares capturados en ambas temporadas. Estas diferencias entre temporadas en la abundancia y composición de longitudes podrían reflejar una migración de esta especie. De acuerdo a las capturas mensuales en distintos puertos de la región, *P. saltatrix* migraría a lo largo de la costa hacia menores latitudes, registrándose, durante enero-mayo, frente a las costas de Mar del Plata (38° S), en junio-septiembre, frente a las costas de Río Grande (Brasil, 30° 40' S) y, en octubre-noviembre, frente a Santa Catarina (Brasil, 25° 40' S, Hansen et al. 2004). Este posible patrón migratorio que realiza la especie, podría explicar la variación en las longitudes y abundancia de *P. saltatrix* registradas entre las temporadas fría y cálida.

En cuanto al modo de alimentación de *P. saltatrix*, se encontró una relación entre el tamaño de la presa consumida y el tamaño del predador. Los individuos de menor tamaño consumen peces pequeños y, además, se alimentan de una mayor proporción de peces seccionados. En cambio, los individuos de mayor tamaño se alimentan de peces enteros y seccionan las presas con menor frecuencia. Estudios previos han demostrado que, al igual que otros peces piscívoros, los juveniles de *P. saltatrix* ingieren tamaños de presas pequeños (Juanes 1992, 1994). Un patrón similar en el modo de alimentación, en cuanto a la capacidad de seccionar peces, se registró en algunas especies de tiburones, como el cazón, *Galeorhinus galeus*. Lucifora et al. (2006) registraron que individuos de esta especie son capaces de cortar presas con sus dientes, comportamiento que le permite reducir la limitación en la abertura bucal para acceder a presas de mayor tamaño. Entre los peces óseos, *P. saltatrix* representa una especie atípica debido a su cualidad y comportamiento de seccionar a sus presas (Bemis 2005). Este modo de forrajeo podría asociarse al tipo de dentición que presenta, que exhibe rasgos relacionados con la alimentación de presas grandes y activas. El aparato bucal se caracteriza por tener dientes grandes, en forma de daga, relativamente pocos en número y profundamente encajados, labios protectores y almohadillas dentales adyacentes a la fila de dientes, y un patrón de reemplazo en el cual los nuevos dientes se desarrollan dentro de los huesos mandibular y maxilar, en criptas protegidas debajo de los que van a ser reemplazados (Bemis et al. 2005).

Además, este predador se caracteriza por su velocidad y voracidad para capturar sus presas. Relatos anecdóticos de pescadores cuentan de “frenesías alimentarios” en los que ejemplares de *P. saltatrix* capturan sus presas, regurgitan y continúan alimentándose (Hartmart y Brandt 1995). Experimentos de laboratorio registraron el comportamiento de *P. saltatrix* al alimentarse y la selectividad en cuanto al tamaño de peces presa (Juanes y Conover 1994b). Este pez aumentó la velocidad de natación al detectar una presa, los ataques fueron dirigidos a presas aisladas y las presas grandes requirieron una manipulación larga, implicando movimientos bruscos de la cabeza que eventualmente resultaron en la ingestión de la misma. En estos experimentos, los ataques fueron principalmente a la aleta caudal de la presa, en menor medida al tronco y raramente a la cabeza, probablemente debido al comportamiento de escape de la presa. Sin embargo, en el RP, se registraron mayores proporciones de secciones de cabezas y tronco respecto a las secciones de aleta caudal. Esta diferencia podría deberse, en primer lugar, a que la presa utilizada en el trabajo experimental (Atherinopsidae: *Menidia menidia*) es relativamente menor en tamaño que las presas consumidas por *P. saltatrix* en el RP. En segundo lugar, a que un ambiente experimental no es comparable a un



ambiente natural, ya que probablemente se vea afectado el comportamiento tanto de la presa como del predador.

En la temporada cálida el consumo de especies de presas halladas fue diferente con respecto al gradiente de salinidad. El consumo de *E. anchoita* fue muy elevado a salinidades altas (> 30), menor a salinidades medias (22 - 30) y casi inexistente a salinidades bajas (< 22). Mientras que el consumo de *A. marinii* y ejemplares de la familia Sciaenidae fue exclusivamente en salinidades bajas. Este patrón de consumo de peces por parte de *P. saltatrix* podría estar relacionado con la distribución de las presas, que estarían asociadas a las diferentes tolerancias por parte de estas a las diferentes salinidades. En verano se registran mayores abundancias de *E. anchoita* en salinidades >30 (Parietti et al. 2022), al igual que lo registrado por Martos et al. (2005), explicando el mayor consumo de esta especie por parte de *P. saltatrix* en salinidades altas. Respecto de la especie *A. marinii* y a la familia Sciaenidae, ambas toleran amplios rangos de salinidad. Particularmente, *A. marinii* se registró en grandes abundancias en temporada cálida en el RP a SSM medias de 19,47 (Jaureguizar et al. 2016; García et al. 2010). En concordancia, el consumo de *A. marinii* por *P. saltatrix* fue registrado principalmente en salinidades bajas (<22) en el RP. Sciaenidae es una familia muy importante y abundante en los estuarios de la región, tanto templados como tropicales (Day et al. 1989; Haedrich 1992) y han sido registradas siete especies habitando las aguas del RP: *Micropogonias furnieri*, *Cynoscion guatucupa*, *Macrodon atricauda*, *Pogonias cromis*, *Menticirrhus americanus*, *Paralonchurus brasiliensis* y *Umbrina canosai* (Cousseau 1985; Acha et al. 1999). En los individuos aquí analizados, debido al grado de digestión de las presas, no fue posible identificar algunos de los esciéndidos a nivel de especie. Sin embargo, en una primera aproximación consultando a especialistas, mediante la observación de los otolitos posiblemente estas presas podrían pertenecer a la especie *U. canosai*.

El patrón de consumo de peces por parte de *P. saltatrix* podría ser atribuible a la flexibilidad trófica de este predador, que se alimentaría en función de la distribución y disponibilidad de las presas en las distintas salinidades dentro del RP. Sin embargo, para descartar que exista una selectividad de presas, se debería continuar trabajando para poder correlacionar las potenciales presas disponibles y la alimentación *P. saltatrix*, a partir de obtener información de la disponibilidad alimentaria en la zona.

En futuras investigaciones, se deberían llevar a cabo estudios más exhaustivos de la dieta de esta especie en la temporada fría, los efectos del tamaño del cuerpo o el estadio de madurez sexual, como así también estudios comportamentales. Sin embargo, y considerando además que esta especie se encuentra clasificada como vulnerable por la IUCN, este trabajo resulta en un valioso aporte y primer registro de la ecología trófica de individuos de *P. saltatrix* realizado en Argentina en el RP. Aquí se registraron y describieron cambios en la composición de la dieta según la longitud, la temporada y el ambiente, además de analizar su modo de alimentación, lo que resulta en trabajo de base para continuar con estudios poblacionales que permitan monitorear su estado de conservación en esta región. Estos estudios, junto con una investigación más detallada sobre su ecología e historia de vida, resultan fundamentales para el desarrollo de programas de manejo, explotación y conservación de la especie en el marco de un enfoque ecosistémico.

## Agradecimientos

Agradecemos a la tripulación y al personal científico a bordo de los buques de investigación científica y oceanográfica por su asistencia y recolección de muestras durante los estudios. Este informe es parte de la tesis de licenciatura realizada por la Lic. Florencia A. Pagés para optar por título de grado de Licenciatura en Ciencias Biológicas de la UNMdP.

## Bibliografía

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. *Marine and Freshwater Research*. 50: 57-65.



- Amundsen PA, Gabler HM, Staldvik FJ. 1996. A new approach to graphical analysis of feeding strategy from stomach contents data-modification of the Costello (1990) method. *Journal of Fish Biology*. 48: 607-614.
- Bade TM. 1977. The biology of tailor (*Pomatomus saltatrix*) from the east coast of Australia. Tesis de Maestría. University of Queensland, Brisbane.
- Base Regional de Datos Oceanográficos (BaRDO) - Gabinete de Oceanografía Física. 2022. Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Subsecretaría de Pesca y Acuicultura de la Nación. Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero. Paseo Victoria Ocampo N°1, Mar del Plata, Bs. As. Argentina.
- Blaber SJM, Blaber TG. 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of Fish Biology*: 17: 143-62.
- Bemis WE, Giuliano A, McGuire B. 2005. Structure, attachment, replacement and growth of teeth in bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Linnaeus, 1766), a teleost with deeply socketed teeth. *Zoology*. 108(4): 317-327.
- Bender MG, Machado GR, Silva PJA, Floeter SR, Monteiro-Netto C, Luiz OJ, Ferreira CEL. 2014. Local ecological knowledge and scientific data reveal overexploitation by multigear artisanal fisheries in the southwestern Atlantic. *PLOS one*, 9(10): 1-9.
- Bennett BA. 1989. The diets of fish in three south-western Cape estuarine systems. *South African Journal of Zoology*, 24: 163-77.
- Borcea I. 1933. Nouvelles observations sur les migrations et sur la periode de ponte des especes de poissons migrateurs de la Mer Noire. *Annales Scientifiques de l'Université de Jassy*, 17: 503-64.
- Buckel JA, Fogarty MJ, Conover DO. 1999. Foraging habits of bluefish, *Pomatomus saltatrix*, on the US east coast continental shelf. *Fishery Bulletin*, 97: 758-775.
- Carpenter KE, Ralph G, Pina Amargos F, Collette BB, Singh-Renton S, Aiken KA, Dooley J, Marechal J. 2015. *Pomatomus saltatrix* (errata version published in 2017). The IUCN Red List of Threatened Species. e.T190279A115314064.
- Cortés E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54(3): 726-738.
- Cousseau MB. 1985. Los peces del Río de la Plata y su Frente Marítimo. En *A Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons: Towards an Ecosystem Integration*. Ed. A Yáñez-Arancibia. UNAM: México. pp. 515-534.
- Cousseau MB, Perrotta RG. 2013. Peces marinos de Argentina. *Biología, distribución, pesca*. Mar del Plata: Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero.
- Crawley M.J. 2005. *Statistics: an Introduction Using R*. Wiley, Chichester, Reino Unido, 327 pp.
- Crawley M.J. 2007. *The R book*. John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, England.
- Creaser EP, Perkins HC. 1994. The distribution, food, and age of juvenile bluefish, *Pomatomus saltatrix*, in Maine. *Fishery Bulletin*. 92: 494-508.
- da Silveira EL, Semmar N, Cartes JE, Tuset VM, Lombarte A, Ballester EL, Vaz-dos-Santos AM. 2020. Methods for trophic ecology assessment in fishes: a critical review of stomach analyses. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*. 28(1): 71-106.
- Day JW Jr, Hall CAS, Kemp WM, Yáñez-Arancibia A. 1989. *Estuarine Ecology*. John Wiley: New York. 558 pp.
- Deuel DG, Clark JR, Mansueti AJ. 1966. Description of embryonic and early larval stages of bluefish, *Pomatomus saltatrix*. *Transactions of the American Fisheries Society*. 95: 264-71.
- Ditty JG, Shaw RF. 1995. Seasonal occurrence, distribution, and abundance of larval bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Family: Pomatomidae), in the northern Gulf of Mexico. *Bulletin of Marine Science*. 56: 592-601.
- FAO. 2016. *Global capture production*. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service.
- Forciniti, L., Perrotta, R.G., Bertolotti, M.I. & Cousseau, M.B. 1988. Algunas consideraciones sobre las fluctuaciones del desembarque de peces pelágicos en el Puerto de Mar del Plata durante el período 1961-1985. *Contribuciones INIDEP* 616, 47-61.
- Franklin AB, Shenk TM, Anderson DR, Burnham KP. 2001. Statistical model selection: an alternative to null hypothesis testing. En: Shenk TM, Franklin AB (eds) *Modeling in natural resource management: development, interpretation, and application*. Island Press, Washington, pp 75-90.
- Friedland KD, Garman GC, Bejda AJ, Studholme AL, Olla B. 1988. Interannual variation in diet and condition in juvenile bluefish during estuarine residency. *Transactions of the American Fisheries Society*. 117: 474-479.



- García ML, Jaureguizar AJ, Protogino LC. 2010. From fresh water to the slope: fish community ecology in the Río de la Plata and the sea beyond. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(1): 81-94.
- Guerrero RA, Acha EM, Framin MB, Lasta CA. 1997a. Physical oceanography of the Río de la Plata Estuary, Argentina. *Continental shelf research*. 17(7): 727-742.
- Guerrero RA, Lasta C, Acha EM, Mianzan HW, Framiñan MB. 1997b. Atlas Hidrográfico del Río de la Plata. Comisión Administradora del Río de la Plata -Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo Pesquero, Buenos Aires-Montevideo, 109 pp.
- Haedrich RL. 1992. Estuarine fishes. In *Ecosystems of the World. Estuaries and Enclosed Seas*. Ed. BH Ketchum. Elsevier: Amsterdam. 26:185-207.
- Haimovici M, Krug LC. 1992. Alimentação e reprodução da *enchova Pomatomus saltatrix* no litoral sul do Brasil. *Revista Brasileira de Biologia*. 52(3): 503-513.
- Haimovici M, Krug LC. 1996. Life history and fishery of the enchova, *Pomatomus saltatrix*, in southern Brazil. *Marine and Freshwater Research*. 47(2): 357-363.
- Hansen JE, Perrota RG, Madirolas A. 2004. Otros peces pelágicos: sardina fueguina, pejerreyes, surel, saraca y anchoa de banco. En Sanchez, R.P. & Bezzi, S.I. (Eds). *El mar Argentino y sus recursos pesqueros Tomo 4. Los peces marinos de interés pesquero. Caracterización biológica y evaluación del estado de explotación*. INIDEP. 141-156.
- Hartmart KJ, Brandt SB. 1995. Predatory demand and impact of striped bass, bluefish, and weakfish in the Chesapeake Bay: applications of bioenergetics models. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 52(8): 1667-1687.
- Ivanov L, Beverton RJH. 1985. The fisheries resources of the Mediterranean. 2. Black Sea. *Studies and Reviews of the General Fisheries Council for the Mediterranean-Food and Agriculture Organization*. 60: 1-135.
- Jaureguizar AJ, Menni R, Bremec C, Mianzan H, Lasta C. 2003. Fish assemblage and environmental patterns in the Río de la Plata estuary. *Estuarine, coastal and shelf science*. 56(5-6): 921-933.
- Jaureguizar AJ, Solari A, Cortés F, Milessi AC, Militelli MI, Camiolo MD, Luz Clara M, García M. 2016. Fish diversity in the Río de la Plata and adjacent waters: an overview of environmental influences on its spatial and temporal structure. *Journal of fish biology*. 89(1): 569-600.
- Johnson JB, Omland KS. 2004. Model selection in ecology and evolution. *Trends in Ecology and Evolution*. 19: 101-108.
- Juanes F. 1992. The advantages of advection: recruitment, piscivory, growth, and consumption of young-of-the-year bluefish (*Pomatomus saltatrix*). Tesis doctoral, State Univ. of New York, Stony Brook.
- Juanes F. 1994. What determines prey size selectivity in piscivorous fishes? En: Stouder, D. J., Fresh, K. L., Feller, R J. (eds.) *Theory and application in fish feeding ecology*. Belle W. Baruch Library in Marine Sciences, no. 18. University of South Carolina Press, Columbia. pp 79-100.
- Juanes F, Marks RE, McKown KA, Conover DO. 1993. Predation by age-0 bluefish on age-0 anadromous fishes in the Hudson River estuary. *Transactions of the American Fisheries Society*. 122: 348-356.
- Juanes F, Conover DO. 1994a. Rapid growth, high feeding rates, and early piscivory in young-of-the-year bluefish (*Pomatomus saltatrix*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 51: 1752-1761.
- Juanes F, Conover DO. 1994b. Piscivory and prey size selection by young-of-the-year bluefish: predator preference or size-dependent capture success? *Marine Ecology Progress Series*. 114: 59-69.
- Juanes F, Hare JA, Miskeiwicz AG. 1996. Comparing early life history strategies of *Pomatomus saltatrix*: a global approach. *Marine and Freshwater Research*. 47(2): 365-379.
- Kendall AW, Walford LA. 1979. Sources and distribution of bluefish, *Pomatomus saltatrix*, larvae and juveniles off the east coast of the United States. *Fishery Bulletin*. 77: 213-227.
- Kolarov P. 1964. Size and age composition of bluefish (*Pomatomus saltatrix*) of the Bulgarian Black Sea coast. *Bulletin de l'Institut de Pisciculture et de Pchérie de Varna*. 4: 207-20.
- Lasta C. 1995. La Bahía Samborombón: zona de desove y cría de peces. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- Lucena FM, Vaske T, Ellis JR, O'brien CM. 2000. Seasonal variation in the diets of bluefish, *Pomatomus saltatrix* (Pomatomidae) and striped weakfish, *Cynoscion guatucupa* (Sciaenidae) in southern Brazil: implications of food partitioning. *Environmental Biology of fishes*. 57: 423-434.
- Lucifora LO, García VB, Menni RC, Escalante AH. 2006. Food habits, selectivity, and foraging modes of the school shark *Galeorhinus galeus*. *Marine Ecology Progress Series*. 315: 259-270.
- Magurran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell: Malden, MA, 215 pp.



- Marais JFK. 1984. Feeding ecology of major carnivorous fish from four eastern Cape estuaries. *South African Journal of Zoology*. 19: 210-223.
- Martos P, Hansen JE, Negri RM, Madirolas A. 2005. Factores oceanográficos relacionados con la abundancia relativa de anchoíta (*Engraulis anchoita*) sobre la plataforma bonaerense (34° S-41° S) durante la primavera. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. 17: 5-53.
- Norcross JJ, Richardson SL, Massmann WH, Joseph EB. 1974. Development of young bluefish (*Pomatomus saltatrix*) and distribution of eggs and young in Virginian coastal waters. *Transactions of the American Fisheries Society*. 103: 477-497.
- Olla BL, Studholme AL. 1971. The effect of temperature on the activity of bluefish, *Pomatomus saltatrix*. *The Biological Bulletin*. 141(2): 337-349.
- Onorio C. 2020. Análisis morfológico y morfométrico de los otolitos sagittae de cinco especies pelágicas del sector costero argentino-uruguayo". Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNMdP. 87 pp.
- Oven LS. 1957. On the drifting approach of fingerling bluefish (*Pomatomus saltatrix*) (Linnaeus) to the shores of the Black Sea in the Karadag region (1947-1954). *Proceedings of Karadag Biological Station, Academy of Science of the Ukraine*. 14:155-157.
- Parietti M, Buratti CC, Orlando P, Giorgini M, Buratti GE, Luz Clara M, Garciarena AD. 2022. Relación entre las características ambientales y la abundancia del stock bonaerense de anchoíta (*Engraulis anchoita*) durante la primavera de 2019 y 2021. Informe de Investigación *INIDEP* N° 096/22, 19 pp.
- Porumb II. 1968. The role of young *Pomatomus saltatrix* in the trophic chain of the Black Sea. *Rapports du Commission International du Mer Mediterranee*. 19: 303-305.
- Porumb II. 1971. Contribution a la connaissance de la biologie de *Pomatomus saltator*, Linne 1758, de la Mer Noire: nutrition des jeunes dans les eaux du littoral Roumain et l'influence de la nutrition sur la croissance. *Institutul Roman de Cercetari Marine*. 2: 75-99.
- R Development Core Team 2023. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Salekhova LP. 1959. On the development of the bluefish (*Pornatomus saltatrix* L.). *Proceedings of Sevastopol Biological Station*. 11: 182-188.
- Scharf FS, Juanes F, Sutherland M. 1998. Inferring ecological relationships from the edges of scatter diagrams: comparison of regression techniques. *Ecology*. 79: 448-460.
- Schilling HT, Hughes JM, Smith JA, Everett JD, Stewart J, Suthers IM. 2017. Latitudinal and ontogenetic variation in the diet of a pelagic mesopredator (*Pomatomus saltatrix*), assessed with a classification tree analysis. *Marine Biology*. 164(4): 75.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, Argentina. 2023. [https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca\\_maritima/desembarques/](https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/pesca_maritima/desembarques/)
- Shepherd, G.R. & Packer, D.B. 2006. Essential fish habitat source document. Bluefish, *Pomatomus saltatrix*, life history and habitat characteristics. NOAA technical memorandum NMFS.NE, 198.
- Smale MJ. 1984. Inshore small-mesh trawling survey of the Cape south coast. 3. The occurrence and feeding of *Argyrosomus hololepidotus*, *Pomatomus saltatrix* and *Merluccius capensis*. *South African Journal of Zoology*. 19: 170-179.
- Smale MJ. 1986. The feeding habits of six pelagic and predatory teleosts in eastern Cape coastal waters (South Africa). *Journal of Zoology Series B*. 1(2): 357- 410.
- Smale MJ, Kok HM. 1983. The occurrence and feeding of *Pomatomus saltatrix* (elf) and *Lichia amia* (leervis) in two Cape south estuaries. *South African Journal of Zoology*. 18: 337-42.
- Spivak ED, Farías NE, Ocampo EH, Lovrich GA, Luppi TA. 2019. Annotated catalogue and bibliography of marine and estuarine shrimps, lobsters, crabs and their allies (Crustacea: Decapoda) of Argentina and Uruguay (Southwestern, Atlantic Ocean). *Frente Marítimo*. 26: 178 pp.
- State Pollution Control Commission. 1981. The ecology of fish in Botany Bay: biology of commercially and recreationally valuable species. Report, SPCC, Sidney, NSW, Australia.
- Thomson JM. 1957. The food of Western Australian estuarine fish. *Western Australian Marine Research Laboratories Fisheries Research Bulletin*. 7: 1-13.
- Thomson JM. 1959. Some aspects of the ecology of Lake Macquarie, NSW, with regard to an alleged depletion of fish. IX. The fishes and their food. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*. 10: 365-74.
- Torres MÁ. 2013. Modelización ecológica del Golfo de Cádiz: relaciones tróficas, análisis de la estructura de la comunidad e impacto de la pesca en el ecosistema. Tesis Doctoral, Universidad de Cádiz.



---

Venables WN, Ripley BD. 2002. Modern applied statistics with S-Plus, 4th edn. Springer, New York.  
Volpedo AV, Thompson GA, Avigliano E. 2017. Atlas de otolitos de peces de Argentina. CAFP-BACAPES, Buenos Aires.

COPIA ELECTRÓNICA INIDEP