

Accepted Manuscript / Manuscrito aceptado

Ecología trófica de *Potamotrygon magdalenae* (Potamotrygonidae) en el Embalse del Guájaro (río Magdalena), Colombia

Doi: <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.99695>

To appear in / Para aparecer en: Acta Biológica Colombiana

Received Date / Fecha de recibido: 12th July 2022 / 12 de julio de 2022

Revised Date / Fecha de revisado: 24th February 2024 / 24 de febrero de 2024

Accepted Date / Fecha de aceptado: 11th April 2024 / 11 de abril de 2024

Please cite this article as / Cite así: Ansorena, L., Blanco, S., Bécares, E. & Castellanos, K.

(2024). Ecología trófica de *Potamotrygon magdalenae* (Potamotrygonidae) en el Embalse del Guájaro (río Magdalena), Colombia. *Acta Biol. Colomb.*, 29(3), XX-XX.
<https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.99695>

This is a PDF file of an unedited manuscript accepted for publication. As a service to our readers, we are providing this early manuscript version. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este es un archivo PDF de un manuscrito sin editar que ha sido aceptado para su publicación. Como servicio a nuestros lectores, ponemos a su disposición esta versión preliminar del manuscrito. Este manuscrito se someterá a corrección de estilo, composición tipográfica y revisión de la prueba resultante antes de ser publicado en su forma definitiva. Tenga en cuenta que durante el proceso de producción pueden descubrirse errores que podrían afectar al contenido, y que se aplican todas las exenciones de responsabilidad legales que se aplican a la revista.

Acta Biol Colomb (2024); **29(3)**: pag–pag

Doi: <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.99695>

Available online at: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol>



Copyright © 2024 Author(s) retain the copyright of this article. This article is published under the terms of the [Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) international (CC BY-NC-SA 4.0)

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

ECOLOGÍA TRÓFICA DE *Potamotrygon magdalenae* (Potamotrygonidae) EN EL EMBALSE DEL GUÁJARO (RÍO MAGDALENA), COLOMBIA

Trophic Ecology of *Potamotrygon magdalenae* (Potamotrygonidae) in the Embalse del Guájaro (Magdalena River), Colombia

Título corto: Ecología trófica de *Potamotrygon magdalenae* en el Embalse del Guájaro (Colombia)

Leire ANSORENA^{1a*}, Saúl BLANCO^{2b}, Eloy BECARES^{3c}, Karina CASTELLANOS^{3d}.

¹. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de León, 24071, León, España.

leireanv@gmail.com

². Laboratorio de Diatomología, Universidad de León, La Serna, 58, 24007, León, España.

sblal@unileon.es

³. Área de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de León, 24071 León, España.

ebecm@unileon.es

⁴. Facultad de Ciencias Básicas, Universidad del Atlántico, Puerto Colombia, Colombia.

karinacastellanos@mail.uniatlantico.edu.co

^a ORCID: 0009-0008-2871-9048

^b ORCID: 0000-0002-9015-2512

^c ORCID: 0000-0002-7123-3579

^d ORCID: 0000-0001-5215-3285

* ***For correspondence:*** leireanv@gmail.com

Recibido: 12 de julio de 2022. **Revisado:** 24 de febrero de 2024. **Aceptado:** 11 de abril de 2024

Editor asociado: Alan Giraldo

Citation/ citar este artículo como Ansorena, L., Blanco, S., Bécares, E. & Castellanos, K. (2024). Ecología trófica de *Potamotrygon magdalenae* (Potamotrygonidae) en el Embalse del Guájaro (río Magdalena), Colombia. *Acta Biol. Colomb.*, 29(3), XX-XX. <https://doi.org/10.15446/abc.v29n3.99695>

RESUMEN

Se estudiaron los hábitos alimentarios y parámetros morfométricos de *Potamotrygon magdalenae* en el Embalse del Guájaro, localizado en la cuenca baja del río Magdalena, departamento del Atlántico, Colombia. Fueron recolectados 24 individuos durante el mes de abril de 2018 mediante pesca tradicional y su contenido estomacal se evaluó mediante el índice de vacuidad, método numérico, método de frecuencia de ocurrencia, índice de Levin estandarizado y índice de electividad de Ivlev. Se reconocieron cinco familias de presas entre artrópodos, anélidos y moluscos, dentro de las cuales las familias de Polymitarcidae, Chironomidae y Thiaridae fueron las más representativas. Se encontró un patrón de electividad claro de preferencia hacia las presas de Polymitarcidae y Chironomidae junto con

el rechazo de las presas Thiaridae. No se encontraron diferencias significativas entre sexos y estadios de madurez en el patrón alimentario. Presentaron un índice de vacuidad nulo (0 %). Los resultados alcanzados en este estudio muestran que la raya del Magdalena presenta unos hábitos dietarios bentónicos detritívoros con una dieta especialista basada principalmente en las presas de Polymitarcidae y Thiaridae.

Palabras clave: Alimentación, bioecología, elasmobranquios, raya del Magdalena, rayas dulceacuícolas.

ABSTRACT

The present study analyzed the feeding habits and morphometric parameters of *Potamotrygon magdalenae* in the Embalse del Guájaro, located in the lower basin of the Magdalena River, Atlántico department, Colombia. Twenty-four individuals were collected during April 2018 using traditional fishing methods and the stomach content was analyzed using the vacuity coefficient, numerical method, frequency of occurrence method, standardized Levin index, and Ivlev's selectivity index. Five families of prey were identified, including arthropods, annelids, and mollusks, of which the Polymitarcidae, Chironomidae, and Thiaridae were the most representative. A clear selectivity pattern of preference for Polymitarcidae and Chironomidae prey was found along with the rejection of Thiaridae prey. No significant differences were found between sexes and stages of maturity in feeding patterns. They presented a null vacuity index (0 %). The results achieved in this study show that the Magdalena Freshwater Stingray has benthic detritivorous dietary habits with a specialist diet based mainly on Polymitarcidae and Thiaridae prey.

Keywords: Bioecology, diet, elasmobranchs, freshwater stingray, Magdalena Freshwater Stingray.

INTRODUCCIÓN

La raya del Magdalena, *Potamotrygon magdalenae* (Duméril, 1865), es la única raya dulceacuícola endémica de Colombia, presente en las cuencas de los ríos Magdalena, Cauca y Atrato (Araújo *et al.*, 2004; Mejía-Falla *et al.*, 2009; Lasso *et al.*, 2016;). Pertenece a la familia Potamotrygonidae (subclase Elasmobranchii; orden Myliobatiformes), que constituye un grupo de elasmobranquios con adaptaciones para vivir en agua dulce, siendo más susceptible a los impactos (como las presas, centrales hidroeléctricas, minería y urbanización) fruto de su distribución restringida comparando con los marinos (Charvet-Almeida, 2001; Charvet-Almeida *et al.*, 2002). Los estudios realizados hasta la fecha indican que es vivípara y presenta una baja fecundidad (de dos a cuatro crías); reside en cabeceras y drenajes de ríos de aguas turbias y superficiales con sustratos lodosos y arenosos con corriente lenta (Dahl, 1971; Galvis *et al.*, 1997; Lasso *et al.*, 2012).

Potamotrygon magdalenae se considera abundante en las llanuras de inundación del río Magdalena, pero debido a las amenazas que presenta y su baja fecundidad, su población se encuentra en decrecimiento (Lasso *et al.*, 2016). Por esta situación está clasificada desde 2016 como “Preocupación Menor” (LC) por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (Lasso *et al.*, 2016), habiendo dejado atrás la clasificación de “Casi Amenazada” (NT) de la anterior evaluación de 2009 (Charvet-Almeida y Pinto de Almeida, 2009) . En el último informe se especifica la necesidad de investigar sobre los aspectos básicos de su bioecología, ya que la información disponible es escasa, del mismo modo que demanda medidas de conservación y mantenimiento del hábitat. Igualmente, la raya del Magdalena está contenida por el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) en el apéndice III; catalogada como NT en

el *Libro Rojo de Peces Dulceacuícolas de Colombia* (Lasso *et al.*, 2012); y se encuentra incluida en el *Plan de Acción Nacional para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia* (Caldas *et al.*, 2010) como especie de alta prioridad en cuanto al comercio, pesca y distribución.

Las principales amenazas que presenta la raya del Magdalena, las cuales provocan que se encuentre en decrecimiento poblacional, son la contaminación del medio y la pesca no regulada (Lasso *et al.*, 2016).

El presente estudio se realizó en el Embalse del Guájaro, localizado en la cuenca baja del río Magdalena de Colombia. Este embalse presenta un área de 16000 ha y una capacidad de 4 hm³, el cual fue construido a partir de las ciénagas de La Limpia y El Guájaro entre 1964 y 1965 por el INCORA (Instituto Colombiano de la Reforma Agraria) (Castellanos *et al.*, 2001; García-Alzate *et al.*, 2016). Dicho embalse se encuentra afectado en la actualidad por procesos de contaminación antrópica, así como de deforestación, desecación y erosión del litoral (Castellanos *et al.*, 2001, 2017; García-Alzate *et al.*, 2016). Todo ello, junto con la interrupción del flujo genético producido por la construcción del Canal del Dique, ha generado un declive en la composición y abundancia de especies, afectando específicamente a la población de *P. magdalенаe* por interrumpir su dispersión (Lasso *et al.*, 2012). Respecto a la pesca, en la cuenca baja, predomina la captura ornamental mientras que en la cuenca media y alta existe un consumo ocasional (Mejía-Falla *et al.*, 2016). La captura ornamental es empleada para la exposición en acuarios, siendo la especie de pez ornamental más exportada y representado el 60-70 % de las exportaciones de rayas (Perdomo-Núñez, 2005); teniendo en cuenta de que su captura no está regulada, no se sabe con exactitud qué amenaza

representa para la especie, siendo necesaria mayor investigación para su regulación (Caldas *et al.*, 2010; Lasso *et al.*, 2012, 2016).

Estudios previos realizados sobre *P. magdalenae* muestran un patrón alimentario bentónico insectívoro y detritívoro. Sin embargo, no existe unanimidad acerca de los principales componentes alimentarios en los distintos estudios, entre los cuales algunos reportan una dieta basada principalmente en larvas y adultos de polimitárcidos en la cuenca baja (Ramos-Socha, 2010; Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck, 2011); otros en larvas de quironómidos y ceratopogónidos en la cuenca baja (Lasso *et al.*, 2013; Mejía-Falla *et al.*, 2016); existiendo incluso reportes de un patrón alimentario carnívoro compuesto por pequeños peces, moluscos, decápodos, insectos y gusanos (Dahl, 1971).

Teniendo en cuenta el conjunto de amenazas que presenta *P. magdalenae*, junto con la falta de información actualizada sobre su ecología, este estudio tiene como propósito analizar la composición y patrón dietario de *P. magdalenae* en el Embalse del Guájaro del río Magdalena de Colombia, con el fin de aportar al conocimiento de su bioecología tal y como demanda la UICN (Lasso *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

ÁREA DE ESTUDIO Y RECOLECTA

Potamotrygon magdalenae se distribuye en las cuencas del río Magdalena, Cauca y Atrato de Colombia, localizándose este estudio en el Embalse del Guájaro (10°25'-10°38'N y 75°00'-75°08'W) de la cuenca baja del río Magdalena de Colombia (Fig. 1).

Fueron recolectados 24 individuos de *P. magdalenae* durante el mes de abril de 2018 en áreas poco profundas del Embalse del Guájaro cerca del pueblo de La Peña, en los nueve puntos de captura (Fig. 1), mediante la técnica de pesca tradicional de atarraya. Se capturaron el

menor número posible de individuos, discriminando estadios y sexos. De cada individuo capturado, se registraron la anchura de disco (AD), longitud del disco (LD), longitud total (LT), peso eviscerado (Wte), peso total (Wt), volumen contenido estomacal (VCE), sexo (hembra/macho) y estado de madurez (inmaduro/maduro) (Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck, 2011).

El estado de madurez se determinó mediante el estado gonadal y la talla media de madurez (AD) de la especie determinada por Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck (2011). Se calculó el factor de condición o índice de Fulton (K) (Ricker, 1975), el cual se utiliza para determinar el grado de robustez de la especie, mediante la siguiente ecuación:
$$\left[K = 100 \left(\frac{Wt}{AD^3} \right) \right]$$
.

Una vez recolectados, los individuos fueron introducidos en hielo seco hasta la llegada al laboratorio para refrigerarlos (entre 0 y -4 °C) y extraer los estómagos.

MACROINVERTEBRADOS EN BENTOS

Los datos de los macroinvertebrados presentes en la zona bentónica se adquirieron de la base de datos aportada por el Programa de Biología de la Universidad del Atlántico (Castellanos, 2018). Dichos datos fueron tomados en el mes de abril de 2018 y a partir de transectos apoyados en los nueve puntos de las pescas de *P. magdalенаe*.

COMPOSICIÓN DIETARIA

Se extrajeron los estómagos y se fijaron en alcohol al 70 % a fin de conservarlos, para luego lavarlos externamente y vaciar el contenido en una placa de Petri. Los componentes alimentarios fueron contabilizados e identificados hasta la menor categoría taxonómica posible. Las colecciones fueron depositadas en la Colección Biológica de la Universidad del Atlántico, registradas en el Instituto Alexander Humboldt.

Con el fin de evaluar el patrón alimentario y la importancia de cada componente alimentario, se calcularon la riqueza (S) y diversidad de Shannon (H_α), además de los siguientes índices alimentarios:

a) Índice de Vacuidad (Hureau, 1969), utilizado para estimar la proporción de estómagos vacíos de la muestra:

$$I_V = (E_v/E_t) \times 100$$

donde E_v = número de estómagos vacíos; y E_t = número total de estómagos analizados.

b) Método Numérico (Hyslop, 1980):

$$\%N = 100 \left(\frac{N_i}{\sum_i^n N_i} \right)$$

donde N_i = número de individuos de cada categoría alimentaria en un estómago; y n = número total de estómagos analizados.

c) Método Frecuencia de Ocurrencia (Lagler, 1956), que indica el porcentaje de estómagos que contiene un grupo taxonómico determinado de presa:

$$FO = (NE/n) \times 100$$

donde NE = número de estómagos que contienen el grupo taxonómico determinado; y n = número total de estómagos analizados.

d) Índice de Levin Estandarizado (Hurlbert, 1978; Krebs, 1999), el cual mide la amplitud del nicho trófico, considerándose una especie especialista si presenta valores por debajo de 0,6 y generalista por encima, dentro del rango de valores entre 0 y 1:

$$B_i = \frac{1}{n} - 1 \left\{ \left(\frac{1}{\sum P_{ij}^2} \right) - 1 \right\}$$

donde P_{ij} = proporción de la dieta del predador i que utiliza la presa j ; y n = número de grupos taxonómicos de las presas.

c) Índice de Electividad de Ivlev (Ivlev, 1961), el cual se utiliza para estudiar el patrón de electividad y comprobar si los individuos seleccionan los recursos alimenticios:

$$E_i = \frac{(r_i - n_i)}{(r_i + n_i)}$$

donde r_i = proporción de especies i en el estómago; y n_i = proporción de especies i en el medio; en el cual los valores fluctúan entre -1 y +1 donde los valores negativos indican rechazo de presas y los positivos preferencia.

ANÁLISIS ESTADÍSTICOS

Previo a los análisis estadísticos, se analizó la normalidad y la homocedasticidad de los datos mediante los test de Anderson-Darling y de Levene, respectivamente. Se realizó un análisis de correlación entre las variables morfométricas y dietarias empleando el test de correlación Spearman ρ_s .

Los análisis de electividad de ítems entre sexos y estadios de madurez se realizaron mediante el test de Welch.

Los datos de electividad por sexos se analizaron mediante un escalamiento multidimensional no paramétrico con la intención de reducir la dimensionalidad del nicho trófico ocupado por esta especie y poder expresarlo de forma gráfica. Como métrica de distancia se utilizó el índice de Chord y las variables de LT, Wte, K y VCE como predictores.

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software PAST 4.03 (Hammer *et al.*, 2001).

RESULTADOS

VARIABLES MORFOMÉTRICAS

Fueron muestreados un total de 24 individuos, de los cuales diez fueron hembras (Fig. 2) (Wt media y desviación: $442,67 \pm 152,63$ g; LT: $54,45 \pm 15,5$ cm; AD: $22,8 \pm 6,13$ cm; LD: $24,2 \pm 6,69$ cm) y 14 machos (Fig. 3) (Wt media y desviación: $309 \pm 140,73$ gr; LT: $43,25 \pm 8,36$ cm; AD: $16,46 \pm 2,83$ cm; LD: $17,82 \pm 3,03$ cm) (Proporción de sexos: 42 % hembras y 58 % machos). La distribución de los estados de madurez fue de un 54 % de maduros y un 46 % de inmaduros. El factor de condición K de Fulton ($K = 0,37$) indicó que no presentaban un valor de robustez muy elevado, es decir, no se encontraban en condiciones óptimas de desarrollo.

COMPOSICIÓN DIETARIA Y PRESAS DISPONIBLES

La totalidad de los individuos presentaron contenido estomacal (índice de vacuidad: 0 %). Se identificaron cinco familias de presas entre artrópodos, anélidos y moluscos, además de la materia orgánica, presente en todos los estómagos (Tabla 1); y 13 familias pertenecientes a los mismos filos en el análisis de la comunidad de presas disponibles en el bentos (Tabla 2). La amplitud del nicho, analizado mediante el índice de Levin estandarizado, fue estrecho ($B_{est} = 0,33$), pudiendo considerarse un depredador especialista, con una dieta dominada principalmente por las familias Polymitarcidae y Thiaridae. De igual modo, se observó una tendencia a mayor especificidad dietaria en los individuos inmaduros ($B_{est} = 0,16$).

ANÁLISIS DEL PATRÓN DIETARIO

Mediante el análisis de electividad de presas del bentos, se observó una preferencia por las familias Polymitarcidae y Chironomidae y un rechazo de la familia Thiaridae (Fig. 4); no se encontraron diferencias significativas en la electividad entre sexos y estadios de madurez (test de Welch, $p > 0,05$).

El análisis de correlación de las variables estudiadas indicó una correlación positiva entre el número de ítems y la riqueza y diversidad (p_s de 0,76 y 0,67 respectivamente; $p > 0,05$), sugiriendo que cuanto mayor número de ítems ingiere el individuo, tanto más diversa y heterogénea es su dieta. A partir del análisis multivariante de electividad y variables morfométricas entre sexos, se infirió que puede haber diferencias en la electividad entre machos y hembras, y que en las hembras se ve influenciado por el tamaño mientras que en los machos por el grado de robustez (Fig. 5).

DISCUSIÓN

La dieta de *P. magdalенаe* consistió principalmente en insectos (Polymitarcidae, Chironomidae y Leptoceridae), seguido de gasterópodos (Thiaridae) y clitelados (Glossiphoniidae) y detritus, lo que indica que es una especie con hábitos dietarios bentónicos detritívoros. No presentó variaciones en el patrón alimentario dependiente de sexo o estadio de madurez.

Los estudios sobre la dieta de *P. magdalенаe* realizados hasta la fecha presentan los siguientes resultados. Ramos-Socha (2010) y Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck (2011) describen una dieta basada principalmente en adultos y larvas de Polymitarcidae en la cuenca baja del río Magdalena; aunque Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck (2011) reportan también gran presencia de detritus y de adultos y larvas de Chironomidae, seguido de una leve representación de gasterópodos, adultos de Aeshnidae, y Ceratopogonidae. En cambio, otros estudios realizados a lo largo de los ríos Magdalena y Atrato, reportan un patrón dietario con predominancia de quironómidos y ceratopogónidos, entre ellos el de Lasso *et al.* (2013) donde la presa principal son las larvas de Chironomidae seguido de una presencia anecdótica de Ceratopogonidae; y el de Mejía-Falla *et al.* (2016) donde predominan las larvas de

Chironomidae y Ceratopogonidae, seguido de Polymitarcidae y una insignificante presencia (menos del 1 % de la dieta) de anélidos, crustáceos, moluscos, hirudíneos, coleópteros, odonatos y tricópteros. Estas diferencias en los principales componentes alimentarios se pueden asociar a diferencias regionales y estacionales. Nuestros resultados apoyaron los patrones observados en la mayoría de estos estudios, siendo Chironomidae y Polymitarcidae dos de las tres familias más abundantes junto con Thiaridae. Asimismo, nuestro estudio comparte parte del patrón alimentario obtenido en otro trabajo (Dahl, 1971) donde se reporta un patrón alimentario formado por pequeños peces, moluscos, decápodos, insectos y gusanos, siendo la familia de moluscos Thiaridae la segunda presa más abundante de nuestro estudio, y aunque con un bajo porcentaje (%N = 0,4) también con la presencia de un anélido (familia Glossiphoniidae), el cual a pesar de presentar un bajo porcentaje podría considerarse de consumo oportunista ya que su porcentaje en el bentos también es reducido (%N=0,91). El patrón alimentario obtenido en nuestro estudio indicó que *P. magdalenae* se trata de una especie bentónica insectívora detritívora, resultados apoyados por estudios dietarios en otros hábitats (Villa-Navarro, 1999; Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck, 2011). Presentó un comportamiento alimentario especialista, tal como indica el índice de Levin estandarizado ($B_{est} = 0,33$). Resultados similares fueron encontrados para la especie por Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck (2011) y Mejía-Falla *et al.* (2016), donde se considera una especie igualmente especialista. El comportamiento alimentario mostró que *P. magdalenae* no presenta diferencias en la electividad entre los sexos o madurez, lo cual se ve apoyado por diversos estudios realizados anteriormente (Mejía-Falla *et al.*, 2014, 2016). A pesar de que el análisis de presas entre machos y hembras no mostró diferencias significativas (prueba de Welch, $p > 0,05$), el análisis multivariante del conjunto de electividad dietaria, sugirió que

podrían existir patrones diferentes marcados principalmente por las patentes diferencias morfométricas intersexuales que caracteriza a la especie (Teshima y Takeshita, 1992; Charvet-Almeida *et al.*, 2005). Esta posible diferencia se ve influenciada por el tamaño mayor de las hembras y por el grado de robustez (factor K) en los machos.

El índice de vacuidad en este estudio fue nulo, mientras que otros estudios del patrón dietario de *P. magdalенаe* presentan valores positivos (Ramos-Socha y Grijalba-Bendeck, 2011; Mejía-Falla *et al.*, 2014, 2016); Este bajo valor puede explicarse por varios factores, además de al menor número de ejemplares observados en este estudio. Entre otros, puede deberse a la posible regurgitación de las presas durante la captura, llevando a una sobreestimación de la vacuidad estomacal y a una subestimación del consumo de presas (Vignon y Dierking, 2011). Otro posible factor puede ser la variación en el tipo de arte de recolección o en los hábitos y comportamientos alimentarios entre distintas especies de peces, que puede dar lugar a diferencias en el porcentaje de individuos con estómagos vacíos (Vinson y Angradi, 2011); o las interacciones tróficas y el solapamiento de nichos entre diferentes especies de peces que pueden influir en los índices de vacuidad (Mohan y Sankaran, 1988; Capezzuto *et al.*, 2022). No existen estudios sobre el patrón de electividad de presas de *P. magdalенаe* respecto a las presas potenciales en el bentos que permitan un análisis comparativo. En la presente investigación, *P. magdalенаe* se decanta claramente por presas de Polymitarcidae y Chironomidae y rechaza las de Thiaridae. Este rechazo se puede deber a que Thiaridae es muy abundante en el bentos, pasando a formar parte de la dieta de la raya por simple ingestión pasiva, pero no son su principal objetivo ya que las rechaza en gran medida, hipótesis de alimentación pasiva de moluscos propuesta también para *Neogobius melanostomus* (Polačik *et al.*, 2009); en cambio, las presas de Polymitarcidae y Chironomidae, siendo menos

abundantes en el bentos, las selecciona en mayor proporción. Esta preferencia dietaria por las larvas de quironómidos ha sido reportada frecuentemente para otras especies dulceacuícolas como *Salmo trutta* (Sánchez-Hernández *et al.*, 2012), *Phalloceros harpagos* (Uieda y Pinto, 2011) o *Neogobius fluviatilis* (Piria *et al.*, 2016).

Nuestros resultados mostraron que no existe ninguna relación entre las variables morfométricas y el patrón dietario de *P. magdalenae*. Por el contrario, mostraron una clara correlación entre el número de ítems encontrados en los estómagos y la riqueza y diversidad de la dieta, es decir, que cuanto mayor número de ítems ingiere la raya, su dieta es más diversa (oferta alimentaria que podría ampliar ítems sin dejar de tener hábitos principalmente insectívoros con inclusión de moluscos sin concha, hirudíneos y anélidos). Los escasos estudios efectuados hasta la fecha sobre esta relación sugieren una relación opuesta entre las variables para otras especies (e.g. Raedemaeker, 2012). En este sentido, nuestros resultados sugirieron que a medida que aumenta la ingesta total de presas, la dieta tiende a diversificarse, posiblemente con el fin de optimizar el aprovechamiento de recursos tróficos que ofrece el ambiente.

Un dato importante a tener en cuenta fue el reducido valor del factor de condición K obtenido en el estudio. Teniendo en cuenta que no existen investigaciones previas sobre el factor de condición en esta especie, nuestro resultado podría explicarse como consecuencia de los factores que presenta el Embalse del Guájaro, principalmente la contaminación del embalse y la explotación con fines ornamentales de la raya (García-Alzate *et al.*, 2016; Castellanos *et al.*, 2017); y que, aunque presente poblaciones abundantes, su población está en decrecimiento producto de sus amenazas a nivel global como menciona la UICN (Lasso *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

Para concluir, nuestro estudio muestra que la dieta de *P. magdalенаe* está compuesta principalmente por presas bentónicas, basada principalmente en larvas de insectos (Polymitarcidae, Chironomidae y Leptoceridae), gasterópodos (Thiaridae) y en muy baja proporción anélidos (Glossiphoniidae), con una clara electividad por los polimitárcidos y quironómidos. Adicionalmente, este estudio provee una valiosa información sobre la bioecología de *P. magdalенаe*, como solicita la UICN en su último estudio, concretamente sobre su patrón alimentario.

PARTICIPACIÓN DE AUTORES

LA: colecta y muestreo en campo, análisis de laboratorio, análisis de datos y escritura del artículo

SB: análisis de datos, apoyo y revisión en la escritura del artículo

EB: análisis de información, cotutorización, apoyo y revisión en la escritura del artículo

KC: colecta e identificación de especímenes, análisis de laboratorio y datos, cotutorización, apoyo y revisión en la escritura del artículo

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a los pescadores por su colaboración en las capturas, además de a Alexis Bigoni por su ayuda en las labores de campo. A los compañeros de seminario por sus apreciaciones y apoyo durante la estancia en Barranquilla. A la Universidad del Atlántico por la financiación y la mediación del permiso de colecta otorgado por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), al igual que a la Universidad de León por el apoyo logístico. Al laboratorio de Bioma Consultores por la asistencia en la identificación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores expresan que no hay conflictos de interés para la publicación de este artículo, de forma personal ni de las entidades vinculadas.

REFERENCIAS

- Araújo, M. L. G., Charvet-Almeida, P., Pinto de Almeida, M. y Pereira, H. (2004). Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): status, conservation and management challenges. *CITES AC*, 20(8), 1–6.
- Caldas, J. P., Castro-González, E., Puentes, V., Rueda, M., Lasso, C. A., Duarte, O. L., Grijalba-Bendeck, M., Gómez, F., Navia, A., Mejía-Falla, P. A., Bessudo, S., Diazgranados, M. y Zapata, L. (Eds.). (2010). *Plan acción nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y quimeras de Colombia (PAN-Tiburones Colombia)*. Produmedios.
- Capezzuto, F., Carluccio, A., Galasso, G., Maiorano, P., Sion, L., Turco, C. y D'Onghia, G. (2022,). Stomach content analysis explains the functioning of the marine food web and gives a contribution to biodiversity knowledge. *IEEE International Workshop on Metrology for the Sea; Learning to Measure Sea Health Parameters (MetroSea)*, 535-539. IEEE.
<https://www.doi.org/10.1109/MetroSea55331.2022.9950952>
- Castellanos, K (2018). *Reporte de datos de campo del Departamento de Biología de la Universidad del Atlántico*.
- Castellanos, K., Cuentas, K. y Pizarro, J. A. (2001). *Caracterización de la Calidad del agua en el Embalse del Guájaro (Atlántico) mediante el uso de*

macroinvertebrados como bioindicadores y su correlación con factores físicoquímicos y bacteriológicos.

- Castellanos, K., Pizarro, J. A., Cuentas, K., Costa, J. C., Pino, Z., Gutiérrez, L. C., Franco, O. L. y Arboleda, J. W. (2017). Lentic water quality characterization using macroinvertebrates as bioindicators: An adapted BMWP index. *Ecological Indicators*, 72, 53–66.
<https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2016.07.023>
- Charvet-Almeida, P. (2001). *Ocorrência, biologia e uso das raias de água doce na Baía de Marajó (Pará, Brasil), com ênfase na biologia de Plesiotrygon iwamae (Chondrichthyes: Potamotrygonidae)* [Dissertação]. Universidade Federal do Pará. <https://repositorio.ufpa.br/jspui/handle/2011/4160>
- Charvet-Almeida, P., Araújo, M. L. G. y Pinto De Almeida, M. (2005). Reproductive Aspects of Freshwater Stingrays (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) in the Brazilian Amazon Basin. *J. Northw. Atl. Fish. Sci*, 35, 165–171.
<https://doi.org/10.2960/J.v35.m502>
- Charvet-Almeida, P., Araújo, M. L. G., Rosa, R. y Rincón, G. (2002). Neotropical freshwater stingrays: diversity and conservation status. *Shark News*, 14, 47–51.
- Charvet-Almeida, P. y Pinto de Almeida, M. (2009). *Potamotrygon magdalenae*. The IUCN Red List of Threatened Species.
<https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2009-2.RLTS.T161385A5412045.en>
- Dahl, G. (1971). *Los peces del norte de Colombia*. INDERENA.

- Galvis, G., Mójica, J. I. y Camargo, M. (1997). Orden Rajiformes. En G. Galvis, J. I. Mójica, y M. Camargo (Eds.), *Peces del Catatumbo* (pp. 24–25). Asociación Cravo Norte.
- García-Alzate, C. A., Gutiérrez, L. C. y Parra, A. C. (2016). Embalse del Guájaro: Diagnóstico ambiental y estrategias de rehabilitación. En *Sur del Atlántico: una nueva oportunidad* (pp. 150–181). Fundación Promigas.
- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan, P. D. (2001). *PAST: Paleontological Statistics software package for education and data analysis* (4.03). Paleontología Electrónica.
- Hureau, J. C. (1969). *Biologie comparée de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae)* (J. C. Hureau, Ed.). Institut Océanographique.
- Hurlbert, S. H. (1978). The Measurement of Niche Overlap and Some Relatives. *Ecology*, 59(1), 67–77. <https://doi.org/10.2307/1936632>
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis—a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17(4), 411–429. <https://doi.org/10.1111/J.1095-8649.1980.TB02775.X>
- Ivlev, V. S. (1961). *Experimental ecology of the feeding of fishes*. Yale University Press.
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology* (2nd ed.). Benjamin/Cummings.
- Lagler, K. F. (1956). *Freshwater fishery biology* (2nd ed.). W.C. Brown Co.
- Lasso, C. A., Mesa-Salazar, L., Sánchez-Duarte, P., Usma, S. y Villa-Navarro, F. A. (2016). *Potamotrygon magdalenae* (Magdalena Freshwater Stingray). The IUCN Red List of Threatened Species. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T161385A61472512.en>

- Lasso, C. A., Ramos-Socha, H. B., Rivas-Lara, T. S. y Rincón-López, C. E. (2012). Potamotrygon magdalenae. In J. I. Mójica, S. Usma, R. Álvarez-León, y C. A. Lasso (Eds.), *Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia* (pp. 240–242). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, ICNUNAL, WWF Colombia, Universidad de Manizales. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T161385A61472512.en>
- Lasso, C. A., Sánchez-Duarte, P., Rodríguez-Sierra, C. M., Grijalba-Bendeck, M., Ortiz-Arroyave, L. M. y Ramos-Socha, H. B. (2013). Potamotrygon magdalenae (Duméril, 1865). En C. A. Lasso, R. Rosa, P. Sánchez-Duarte, M. A. Morales-Betancourt, y E. Agudelo-Córdoba (Eds.), *IX. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte I. Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Brasil, Guyana, Surinam y Guayana Francesa: diversidad, bioecología, uso y conservación* (pp. 195–206). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mejía-Falla, P. A., Muñoz-Osorio, L., Galindo, E., López, J., Pérez-Rojas, J. y Navia, A. (2014). *Evaluación de la dinámica pesquera y la distribución de Potamotrygon magdalenae en la cuenca del Magdalena y aportes a su historia de vida.*
- Mejía-Falla, P. A., Perez-Rojas, J. G., Gomez-Martinez, D., Muñoz-Osorio, L. A., Galindo, E., Pedreros-Sierra, T., Fernández, G. y Navia, A. (2016). Avances en el conocimiento de Potamotrygon magdalenae (Duméril 1865), raya dulceacuícola endémica de Colombia. En C. A. Lasso, R. Rosa, M. A. Morales-

- Betancourt, D. Garrone-Neto, y M. Carvalho (Eds.), *XV. Rayas de agua dulce (Potamotrygonidae) de Suramérica. Parte II: Colombia, Brasil, Perú, Bolivia, Paraguay, Uruguay y Argentina* (pp. 303–321). Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Mejía-Falla, P. A., Ramírez-Luna, V., Usma, J., Muñoz-Osorio, L. A., Maldonado-Ocampo, J., Sanabria, A. I. y Alonso, J. C. (2009). Estado del conocimiento de las rayas dulceacuícolas de Colombia. En V. Puentes, A. Navia, P. A. Mejía-Falla, J. P. Caldas, M. Diazgranados, y L. Zapata-Padilla (Eds.), *Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia* (pp. 132–195). Fundación SQUALUS, Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto Colombiano Agropecuario, COLCIENCIAS, Conservación Internacional, WWF Colombia.
- Mohan, M. V. y Sankaran, T. M. (1988). Two new indices for stomach content analysis of fishes. *Journal of Fish Biology*, 33(2), 289-292. <https://www.doi.org/10.1111/J.1095-8649.1988.TB05471.X>
- Perdomo-Núñez, J. M. (2005). *Rayas de agua dulce del género Potamotrygon utilizadas como ornamentales en Colombia*.
- Piria, M., Jakšić, G., Jakovlić, I. y Treer, T. (2016). Dietary habits of invasive Ponto-Caspian gobies in the Croatian part of the Danube River basin and their potential impact on benthic fish communities. *Science of The Total Environment*, 540(1), 386–395. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2015.05.125>
- Polačik, M., Janáč, M., Jurajda, P., Adámek, Z., Ondračková, M., Trichkova, T. y Vassilev, M. (2009). Invasive gobies in the Danube: invasion success facilitated

- by availability and selection of superior food resources. *Ecology of Freshwater Fish*, 18(4), 640–649. <https://doi.org/10.1111/J.1600-0633.2009.00383.X>
- Raedemaeker, D. F. (2012). *Defining habitat characteristics influencing the distribution, density and growth of Plaice (Pleuronectes platessa) and Dab (Limanda limanda) on west of Ireland nursery grounds.*
- Ramos-Socha, H. (2010). *Algunos aspectos biológicos de la raya de agua dulce Potamotrygon magdalenae (Duméril, 1865) (Chondrichthyes: Myliobatiformes) en la Ciénaga de Sabayo, Guaimaral, Magdalena- Colombia.*
- Ramos-Socha, H. B. y Grijalba-Bendeck, M. (2011). Bioecología de la raya de agua dulce *Potamotrygon magdalenae* (Duméril, 1865) (Myliobatiformes) en la Ciénaga de Sabayo, Guaymaral, Colombia. *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 14(2), 109–118. <https://doi.org/10.31910/RUDCA.V14.N2.2011.781>
- Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.
- Sánchez-Hernández, J., Servia, M. J., Vieira-Lanero, R. y Cobo, F. (2012). Ontogenetic Dietary Shifts in a Predatory Freshwater Fish Species: The Brown Trout as an Example of a Dynamic Fish Species. En H. Turker (Ed.), *New Advances and Contributions to Fish Biology* (pp. 271–298). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/54133>
- Teshima, K. y Takeshita, K. (1992). Reproduction of the freshwater stingray, *Potamotrygon magdalenae* taken from the Magdalena River system in Colombia, South America. *Bulletin of Seikai National Fisheries Research Institute*, 70, 11–27.

<https://agris.fao.org/search/en/providers/122558/records/6471f5ae2a40512c710efc4f>

Uieda, V. y Pinto, T. (2011). Feeding selectivity of ichthyofauna in a tropical stream: space-time variations in trophic plasticity. *Community Ecology*, 12(1), 31–39.
<https://doi.org/10.1556/COMEC.12.2011.1.5>

Vignon, M. y Dierking, J. (2011). Prey regurgitation and stomach vacuity among groupers and snappers. *Environmental biology of fishes*, 90, 361-366.
<https://www.doi.org/10.1007/S10641-010-9746-2>

Villa-Navarro, F. A. (1999). Estudio biológico pesquero de la represa de Prado para la determinación de especies promisorias en acuicultura. En *Universidad del Tolima, Cortolima, INPA, Gobernación del Tolima, Comité Departamental de Cafeteros del Tolima*. Universidad del Tolima, Cortolima, INPA, Gobernación del Tolima, Comité Departamental de Cafeteros del Tolima.

Vinson, M. R. y Angradi, T. R. (2011). Stomach emptiness in fishes: sources of variation and study design implications. *Reviews in Fisheries Science*, 19(2), 63-73.
<https://www.doi.org/10.1080/10641262.2010.536856>

TABLAS Y FIGURAS.

Tabla 1. Composición de la dieta de *P. magdalенаe*, representada por el Método Numérico (%N) y la Frecuencia de Ocurrencia (%FO) de cada ítem alimentario.

ÍTEMS ALIMENTARIOS		%N	%FO
ARTHROPODA			
Insecta			
Diptera	Chironomidae	7,3	52,9
Trichoptera	Leptoceridae	1,5	23,5
Ephemeroptera	Polymitarcidae	54,4	88,2
MOLLUSCA			
Gastropoda			
Neotaenioglossa	Thiaridae	36,4	11,8
ANNELIDA			
Clitellata			
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	0,4	5,9

Tabla 2. Abundancias de los macroinvertebrados identificados en el bentos.

ÍTEMS ALIMENTARIOS		%N
ARTHROPODA		
Insecta		
Diptera	Chironomidae	2,43
Diptera	Ceratopogonidae	0,91
Ephemeroptera	Polymitarcidae	15,28
Trichoptera	Leptoceridae	0,40
MOLLUSCA		
Gastropoda		
Architaenioglossa	Ampullariidae	3,74
Basommatophora	Planorbidae	5,47
Basommatophora	Ancylidae	0,10
Basommatophora	Lymnaeidae	0,30
Basommatophora	Physidae	0,71
Neotaenioglossa	Thiaridae	20,85
Sorbeoconcha	Hydrobiidae	41,30
ANNELIDA		
Clitellata		
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	0,91
Oligochaeta		
Haplotaxida	Tubificidae	7,59

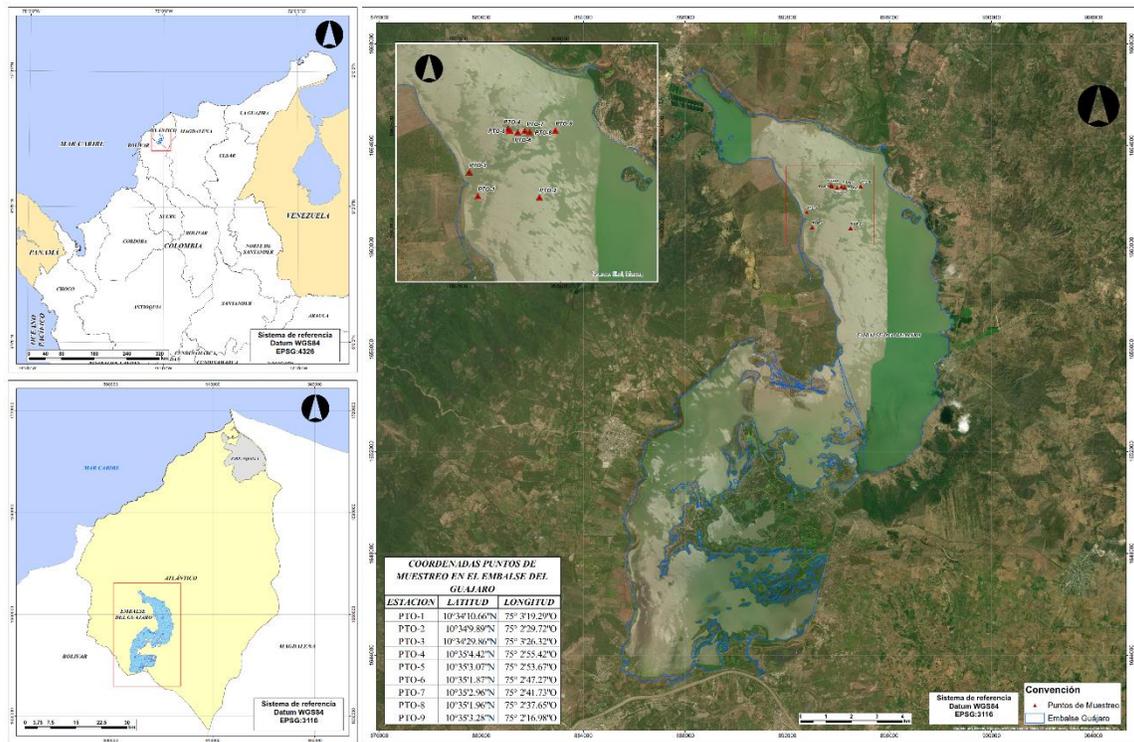


Figura 1. Localidades de muestreo de *Potamotrygon magdalenae* en el Embalse del Guájaro en el río Magdalena, Atlántico, Colombia. Estaciones representadas mediante triángulos rojos en el mapa.



Figura 2. Hembra de *Potamotrygon magdalenae*.



Figura 3. Macho de *Potamotrygon magdalenae*.

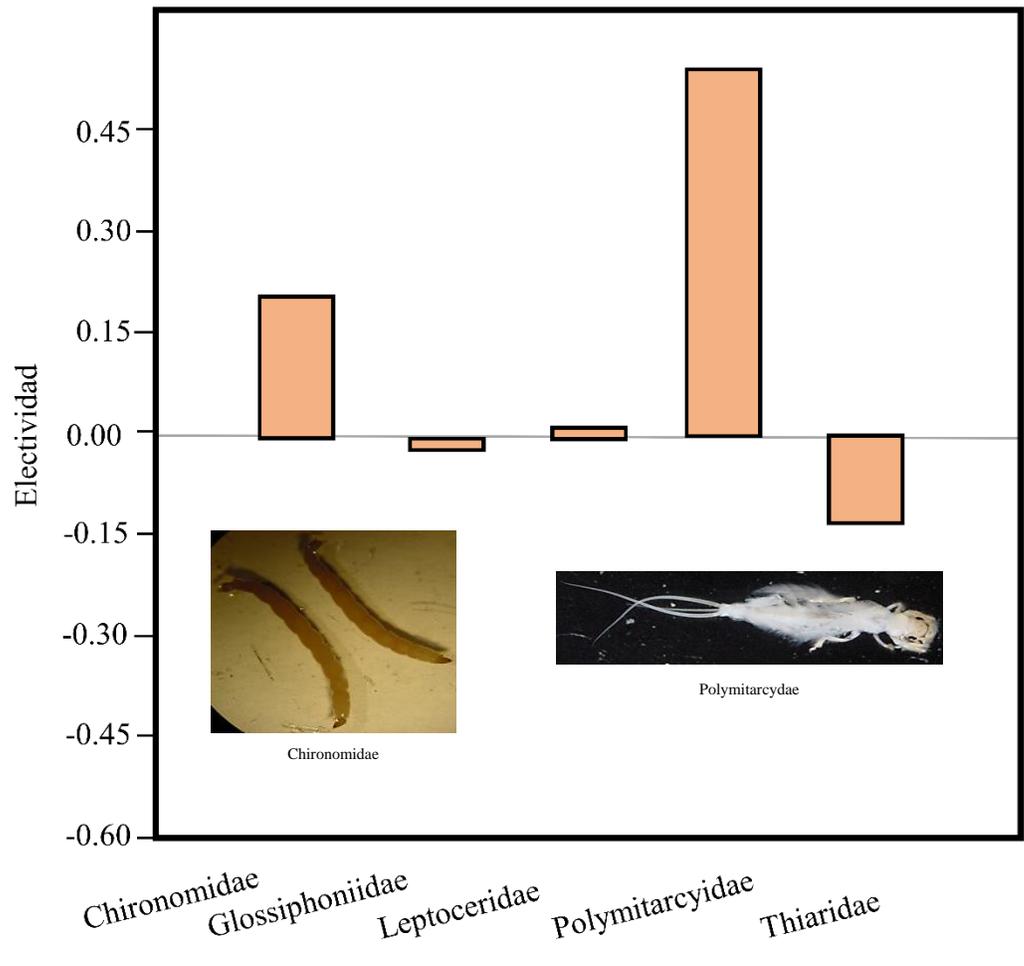


Figura 4. Índice de electividad de Ivlev de *P. magdaleneae*, con los valores positivos mostrando las presas escogidas y con los negativos las rechazadas.

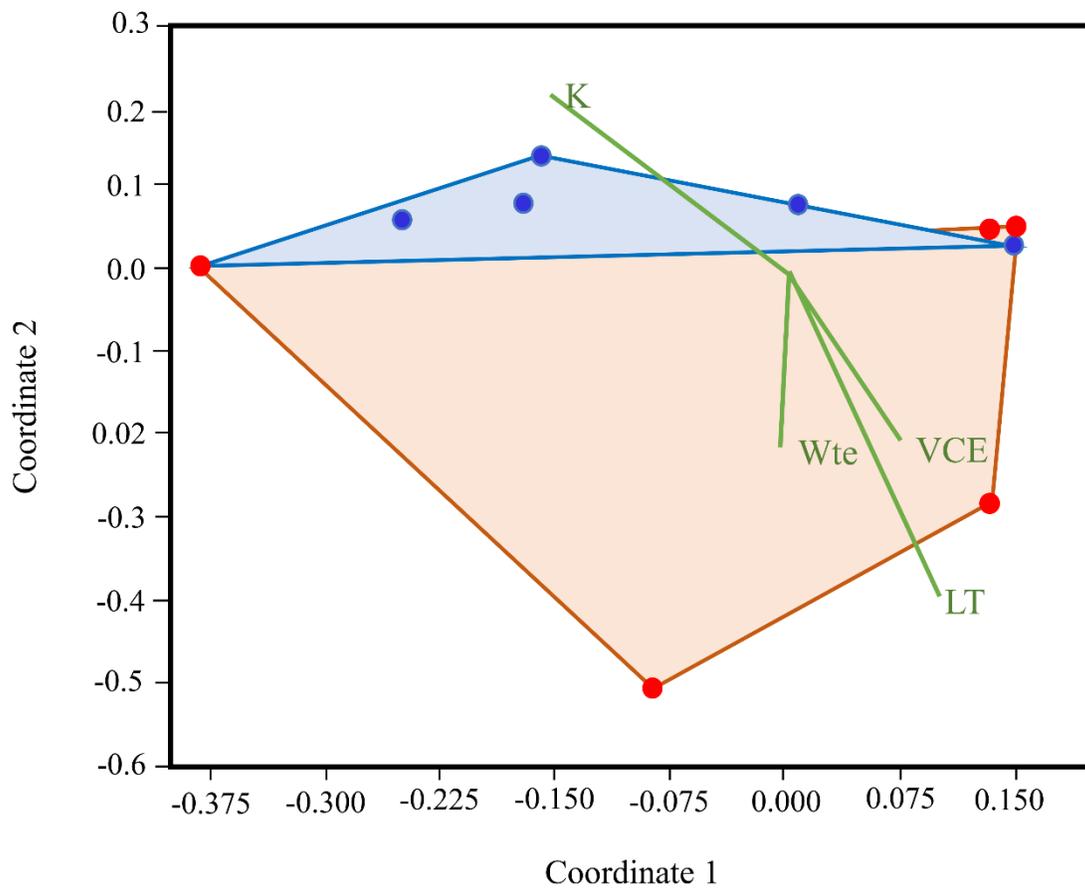


Figura 5. Escalamiento multidimensional no paramétrico, con el índice de Chord como métrica de distancia, en el que se muestra la electividad de presas de las hembras (rojo) y machos (azul) con los vectores de las variables (longitud total, Lt; peso eviscerado, Wte; factor de condición, K; y volumen contenido estomacal, VCE).