

Distribución y abundancia de la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*: Potamotrygonidae) en el Complejo Cenagoso de Zapatos, Colombia

Distribution and abundance of the stingray from Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*: Potamotrygonidae) in Zapatos wetland complex, Colombia

Eduardo J. Castañeda,* Felix Cuello^{ORCID}, María Pacheco^{ORCID} y Jairo Altamar^{ORCID}

Facultad de Ingeniería, Universidad del Magdalena, Santa Marta, Colombia

*Autor de correspondencia: eduardocastaneda931@gmail.com

Recibido: 11 de diciembre 2020

Aceptado: 05 de mayo de 2021

Publicación en línea: 28 de mayo de 2021

Resumen

Palabras clave:
distribución espacial;
CPUE; hotspot;
distribución de tamaños;
raya del Magdalena

La raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*) no es considerada una especie objetivo de las pesquerías de la cuenca del Magdalena. Habitualmente es descartada viva, no sin antes quebrarle la espina caudal o aguijón, por lo cual no aparece frecuentemente en los desembarcos artesanales de esta zona, de allí que se desconozca el impacto sobre sus poblaciones. Este estudio determinó la distribución espacial de la abundancia y los tamaños de *P. magdalenae* en el Complejo Cenagoso de Zapatos (CCZ). A partir de una estratificación de 96 cuadrículas (4 km² cada una), se escogieron de manera aleatoria un total de 25, las cuales fueron muestreadas en su centro geográfico utilizando redes de enmalle. Cabe mencionar que las cuadrículas adyacentes no fueron muestreadas y además se asignó por lo menos una cuadrícula de muestreo a los cuerpos de agua aparentemente independientes. Para conocer la distribución espacial de la abundancia y tamaño de la especie se utilizó ArcGIS como sistema de información geográfica, implementando la técnica hotspot. El cálculo de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se estandarizó en términos de kg/lance. Los resultados indican que las mayores abundancias relativas se encontraron en el sector septentrional y central del CCZ y las menores en el sector meridional. De igual manera, los mayores tamaños fueron registrados en las cuadrículas del norte y oriente y los menores en las del sur. Otro resultado del estudio es un mapa de la distribución espacial de *P. magdalenae* en el CCZ, lo que constituye un insumo de interés para la implementación de medidas de manejo de una especie que, aunque hoy en día no es un recurso objetivo desde el punto de vista pesquero, desempeña una función importante en la trama trófica del CCZ.

Abstract

Key words:
spatial distribution; CPUE;
hotspot; size distribution;
stingray from Magdalena

The Stingray from Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*) is not a target species of the Magdalena basin fisheries. It is usually discarded alive, but not before having broken its tail thorn or stinger, for which it does not appear frequently in artisanal landings of inland fisheries of the Magdalena basin, and consequently the impact on its populations is unknown. This study determined the spatial distribution of abundance and sizes of *P. magdalenae* in the Zapatos swamp complex (CCZ, by its acronym in Spanish). From a system of 96 grids (4 km² each) a total of 25 were randomly chosen, which were sampled in their geographic center using gillnets. It is worth mentioning that the adjacent grids were not sampled and, furthermore, at least one sampling grid was assigned to each apparently independent bodies of water. To determine the spatial distribution of the abundance and size of the species, ArcGIS was used as a geographic information system, using the hotspot technique. The calculation of the catch per unit effort (CPUE) was standardized in kg/set. The results indicate that the highest relative abundance were found in the northern and central sectors of the CCZ and the lowest in the southern sector. Similarly, the largest sizes were recorded in the northern and eastern grids and the smallest in the southern ones. Another result of the present study is a map of the spatial distribution of *P. Magdalenae* in the CCZ, which constitutes a basic input for the design of management measures of a species that, although today it is not a target resource from a fisheries point of view, it plays an important role in the food web of the CCZ.

Introducción

Colombia es uno de los países que por su ubicación geográfica posee una gran diversidad de fauna ictiológica marina, estuarina y dulceacuícola, siendo considerado después de Brasil como el segundo país de América con mayor diversidad ictica dulceacuícola, con una riqueza de 1435 especies registradas (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008). En esta diversidad se destacan las rayas de la familia Potamotrygonidae, la cual comprende cuatro géneros (*Heliotrygon*, *Paratrygon*, *Plesiotrygon* y *Potamotrygon*) y por lo menos 25 especies (Araujo *et al.*, 2004; Lasso *et al.*, 2014). A nivel nacional el género *Potamotrygon* no es considerado como un recurso con alto valor comercial (Galvis *et al.*, 1997), pero se reconoce por parte de otros autores su importancia en cuanto a su valor como pez ornamental, registrando exportaciones de gran volumen, en especial de la especie *Potamotrygon magdalenae* (Dahl, 1971; Araujo *et al.*, 2004; Charvet-Almeida y Pinto de Almeida, 2004). Por las circunstancias planteadas y con base en criterios referidos a su hábitat, el Plan Nacional de Acción para la Conservación y Manejo de Tiburones, Rayas y Quimeras de Colombia, clasificó esta especie como una especie prioritaria que requiere mayor investigación (Caldas *et al.*, 2009).

La familia Potamotrygonidae es la única familia de elasmobranquios restringida a hábitats dulceacuícolas y posee importantes adaptaciones para vivir en estos ecosistemas; no tienen la necesidad de retener altas concentraciones de urea en la sangre para contrarrestar la pérdida de agua causada por salinidades altas (Thorson *et al.*, 1967; Raschi y Mackanos, 1989; Lovejoy, 1996). Esta familia también desarrolló otras dos adaptaciones interesantes para entornos de agua dulce, únicas entre las especies de elasmobranquios (Martínez Achenbach y Martínez Achenbach, 1976): la capacidad de flotar en la superficie cuando el nivel del oxígeno del fondo es pobre y el cuidado materno.

La raya del Magdalena *Potamotrygon magdalenae* también conocida como raya de río; es una especie endémica que se localiza en los ríos de las cuencas del Atrato, San Jorge y Magdalena en Colombia. Habita comúnmente en ciénagas y quebradas, prefiere fondos lodosos, en aguas turbias y poco profundas (Dahl, 1971; Galvis *et al.*, 1997). Aunque en la revisión efectuada por Galvis *et al.* (1997) fue registrada en la cuenca binacional del Catatumbo, es posible que su identificación haya sido errónea (Lasso, 1985; Rosa, 1985). A pesar de su distribución en diferentes cuencas de Colombia,

esta especie está expuesta a los diferentes impactos naturales y antropogénicos que pueden presentarse en el ambiente acuático y que causan efectos desfavorables perceptibles en las rayas de agua dulce, por su baja tolerancia a estos impactos y además porque muchas de ellas requieren condiciones específicas de hábitat (Compagno y Cook, 1995; Marques, 1996), como podría ser el caso de *P. magdalenae* por el mismo hecho de ser endémica.

La escasa producción científica sobre rayas de agua dulce no está alineada con su alto potencial como recurso pesquero. Existen trabajos en ambientes marinos que se enfocan en revisiones históricas de la pesca de tiburones y rayas en el mar Caribe continental de Colombia (Caldas *et al.*, 2009) o en la captura de elasmobranquios con redes de enmalle (Marrugo *et al.*, 2015), pero se conoce poco sobre la distribución espacial asociada a su abundancia, por lo que resultan pertinentes los estudios sobre la biología, ecología, pesquerías y aspectos socioeconómicos y culturales relacionados con estas especies en Colombia, partiendo de la información sobre la distribución registrada en varias regiones del país.

Considerando que existen restricciones de hábitat para las rayas, este trabajo se basa en el estudio de la distribución de la especie, cuya mayor abundancia obedece a zonas calientes que pueden ser geográficamente determinadas. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la distribución espacial de la abundancia relativa y de la estructura de tamaños de la raya de agua dulce *P. magdalenae* en el Complejo cenagoso de Zapatosa (CCZ), a fin de establecer puntos calientes ("hotspots") asociados a su hábitat.

Materiales y métodos

El Complejo Cenagoso de Zapatosa (CCZ) está ubicado en el norte de Colombia, en jurisdicción de los municipios de Chimichagua, Tamalameque, Curumaní y Chiriguaná, pertenecientes al departamento del Cesar, y El Banco, departamento del Magdalena (Viloria, 2008). Su ubicación geográfica está definida entre las coordenadas 9°14"N-73°46"W y 9°21"N-73°49"W, mientras que su espejo de agua ocupa un área aproximada de 30 000 ha (Castro, 2012).

Dentro de los grandes complejos humedales de Colombia se encuentra la Ciénaga de Zapatosa, que es una de las principales fuentes hídricas del país. El río Cesar aporta el principal caudal a la Ciénaga, que en algunas épocas también es influenciada por el río Magdalena. Este ecosistema lagunar se constituye en la despensa de alimentos de diferentes

asentamientos humanos y se caracteriza por su riqueza en flora y fauna, lo que ha generado una economía basada en pesca, agricultura y ganadería (Aristizábal, 2016).

Raya del Magdalena

La raya del Magdalena (*P. magdalenae*), al igual que la gran mayoría de las rayas de agua dulce, presenta cinco hendiduras branquiales y cuerpo en forma discoidal, tiene aleta caudal, aleta dorsal con 5 a 6 espinas, además de un aguijón (algunas especies pueden presentar dos). Su longitud total es de 1,1 a 2 veces más larga que el ancho discal, las aletas pélvicas generalmente están cubiertas por el disco, su cola es relativamente larga. La coloración de esta especie es variable: superficie dorsal marrón brillante o marrón oliváceo oscuro o grisáceo, por lo general moteado con pequeñas manchas amarillentas o claras que pueden formar un patrón reticulado más evidente en juveniles; estas manchas suelen ser más pequeñas que el diámetro del ojo (Rosa, 1985; Lasso *et al.*, 2011).

Las rayas de agua dulce presentan un alto grado de polimorfismo, reflejada en la variabilidad intraespecífica en la coloración dorsal, lo que lleva a problemas taxonómicos y de identificación, así como inconvenientes en términos de comercialización, pues algunas especies presentan varios morfos con pocas consistencias en sus variaciones (Ross, 1999; Charvet-Almeida *et al.*, 2006a). Debido a lo anterior, pueden

requerir subdivisión después de estudios más detallados.

En las ciénagas del Magdalena, las abundancias mayores se han registrado en marzo, seguido por los meses de noviembre y abril, y las más bajas en diciembre y febrero (Ramos-Socha, 2010). Como es una especie que no es considerada con fines comerciales, habitualmente es descartada viva, pero no sin antes haberle quebrado la espina caudal o aguijón, por lo cual no aparece en los desembarcos artesanales del CCZ, y en consecuencia se desconoce el impacto sobre sus poblaciones. De hecho, según datos del Servicio Estadístico Pesquero Colombiano (SEPEC), las cifras de desembarco no alcanzan en general el 0,1 % del total de los desembarcos de la cuenca del río Magdalena (Duarte *et al.*, 2018). Para el año 2019, el SEPEC registró desembarcos en Puerto Boyacá durante los meses de octubre y noviembre, en Macurutú-Chimichagua en el mes de noviembre y Puerto Asure-Cicuco en marzo.

Diseño de muestreo y fase de campo

Para efectos de abordar el estudio de este cuerpo cenagoso, el área de su espejo de agua fue estratificado mediante cuadrículas de 4 km² (2 x 2 km), de las cuales se seleccionaron aleatoriamente 25 para ser muestreadas en su centro geográfico (figura 1). Es importante mencionar que se evitó seleccionar cuadrículas adyacentes y que se asignó por lo menos una cuadrícula de muestreo a los cuerpos de agua aparentemente independientes del complejo cenagoso.

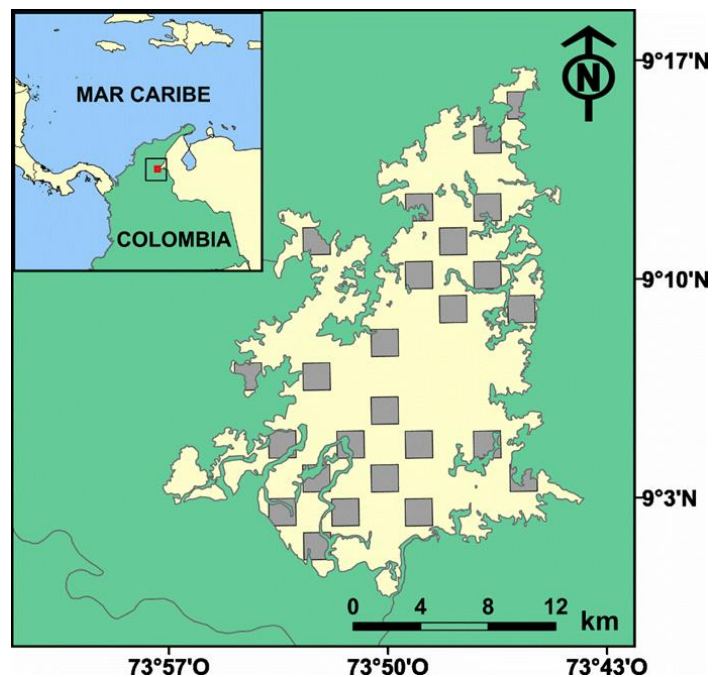


Figura 1. Área de estudio (Ciénaga de Zapatosa). Se muestran las 25 cuadrículas (2 x 2 km) muestrales. El muestreo se llevó a cabo durante un período de tres meses (abril, mayo y agosto del año 2018) y se efectuó en sentido

norte-sur, a bordo de embarcaciones usadas para la pesca artesanal, zarpando desde el muelle principal del municipio de Chimichagua (departamento del Cesar) hacia las cuadrículas muestrales correspondientes. Las pescas se efectuaron en los centros geográficos de las cuadrículas muestrales, y en ellas se contó con la participación de pescadores locales.

Las faenas de pesca se realizaron entre 1 y 6 m de profundidad, mediante el uso de redes de enmalle de 160 m

de longitud construidas en poliamida multifilamento, con tamaño de malla de 2". Las características tecnológicas de la red utilizada para el muestreo se presentan en el plano técnico correspondiente (figura 2). Los lances de pesca se efectuaron desde el atardecer hasta el alba del día siguiente, con una duración promedio aproximada de 12 horas. Los peces óseos capturados fueron despescados y separados de las rayas durante el proceso de izado de la red.

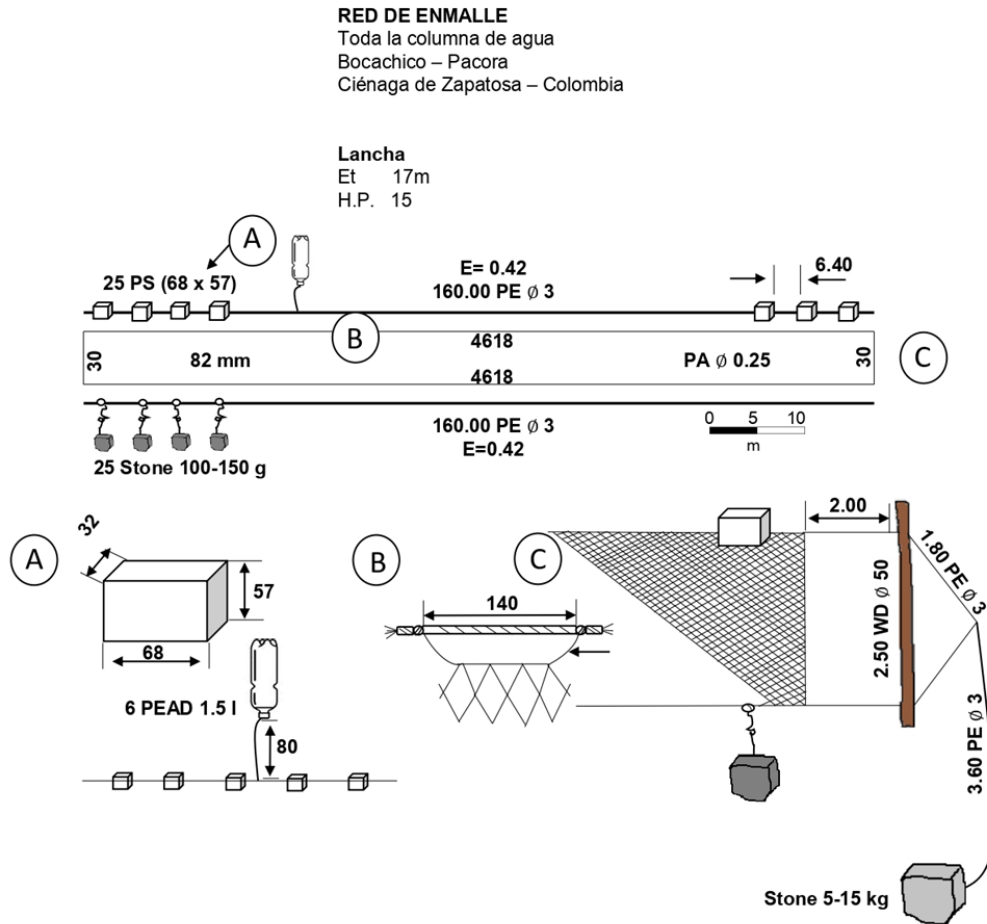


Figura 2. Plano técnico de la red de enmalle empleada durante el estudio.

Estandarización de la captura por unidad de esfuerzo

Los datos de captura y esfuerzo permiten construir índices de biomasa relativa de las poblaciones de peces, bajo el supuesto de que la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) es proporcional a la abundancia. En concordancia con el objetivo de este estudio, se utilizó entonces la CPUE, estandarizada en kg/lance, como un índice de la abundancia relativa de la raya

del Magdalena en el CCZ.

Autocorrelación espacial y análisis de puntos calientes (hotspots)

El programa ArcGIS 10 (ESRI) se utilizó como herramienta informática (sistema de información geográfica) para el análisis de los patrones espaciales de la CPUE en el CCZ, a partir de la información colectada en las pescas científicas efectuadas en

las cuadrículas muestrales. Mediante este software también se calculó el índice global de Moran (Global Moran's I), para evaluar la autocorrelación o agrupamiento de las celdas (cuadrículas de muestreo en este caso) con base en la CPUE. De esta forma, se identificaron clústeres (agrupaciones) espaciales de las entidades con valores altos o bajos, incluyendo valores atípicos espaciales estadísticamente significativos. Los valores del índice de Moran varían entre -1 y +1 (patrón disperso y patrón agrupado, respectivamente), donde los valores cercanos a cero indican una distribución aleatoria. De esta forma, se pudo determinar si los valores de CPUE en el espacio de las celdas de análisis se producen de forma no aleatoria y, de ser así, si dichas celdas están dispersas o agrupadas (Jalali *et al.*, 2015).

Cuando el sistema de coordenadas de salida está establecido en un sistema de coordenadas geográficas, las distancias se calculan mediante mediciones de cuerda, utilizando específicamente el parámetro banda de distancia o distancia de umbral, el cual fue proporcionado en metros. Para el análisis se incluyeron varias clases de banda de distancia, (2000, 4000, 6000 y 8000 m), con el fin de determinar la banda de distancia donde se producen los patrones de autocorrelación y agrupamiento en la distribución de la CPUE. La banda óptima se evalúa con base en el resultado del puntaje Z, el cual es un indicador de los patrones de agrupamiento en los datos de CPUE.

Además, se utilizó la herramienta Getis-Ord G_i^* , que identifica clústeres espaciales estadísticamente significativos de valores altos y valores bajos y crea una entidad de salida con una puntuación z, un valor P y un campo de bin de nivel de confianza (G_i _Bin) para cada entidad en la clase de entidad de entrada. Para determinar las áreas con valores altos y bajos de CPUE se utilizó el estadístico local de Getis-Ord G_i^* obtenido después de determinar los patrones globales en el conjunto de datos, lo que permite designarlas como áreas de puntos calientes y puntos fríos, respectivamente. De igual modo, en la salida gráfica del análisis de puntos calientes aparecen los valores no significativos. Este enfoque determina la autocorrelación local estadísticamente significativa y la dependencia entre las celdas vecinas (Jalali *et al.*, 2015).

Registro de longitudes de cada muestra

Frecuentemente, el registro de información biológica (longitud, peso, sexo y madurez gonadal, básicamente) permite establecer medidas de manejo adecuadas de los stocks pesqueros, teniendo en cuenta la dinámica de la pesca en las

diferentes zonas (Tresierra y Culquichicon, 1993; Sparre y Venema, 1997). En rayas del orden Myliobatiformes (familias Dasyatidae, Mobulidae, Rhinopterae, Potamotrygonidae, Myliobatidae) se mide el ancho (AD) y el largo del disco (LD) (Agudelo *et al.*, 2011). Para este estudio se tomó como principal medida el ancho del disco (AD), usando un ictiómetro. Cabe mencionar que, al momento de realizar las mediciones, las rayas estaban en estado fresco. La talla de madurez (TM) se registró con base en las directrices propuestas por Ramos-Socha (2010).

Resultados

Balance del muestreo

En total se realizaron 25 lances de pesca con red de enmalle. La mayor captura de rayas se dio hacia el norte y, en menor grado, al centro del CCZ, en los sitios denominados localmente como "ojo de agua" y "el voladero", respectivamente. Durante los muestreos, se capturaron un total de 53 individuos, que representaron una biomasa total de 21,704 g. Se registró un mayor número de machos (27) que de hembras (19), lo que significó una proporción de sexos 1,4:1. El porcentaje de rayas por lance fluctuó entre el 50 y el 89 % del número total de individuos de todas las especies capturadas, entre las cuales se destacaron el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), la pacora (*Plagioscion surinamensis*), el matacaimán (*Centrochir crocodril*) y el comelón (*Megaleporinus muyscorum*). La densidad promedio de corales en sitios de buceo fue 24,5 colonias 10 m^{-1} y la de los otros sitios de escarpes pocos profundos fue 12,6 colonias 10 m^{-1} ($P < 0,05$) (figura 2a). Cresta La Puntica tuvo una densidad promedio de 8,3 colonias 10 m^{-1} y las restantes crestas 6,2 colonias 10 m^{-1} ($P = 0,051$) (figura 2b).

Según el análisis de frecuencia, el mayor porcentaje (44 %) de sitios de buceo tuvo una densidad $> 10 \leq 20$. En cresta La Puntica, el mayor porcentaje de transectos (32 %) tuvo una densidad $> 4 \leq 7$ (tabla 2). Por ZR por años, tanto en los escarpes pocos profundos como en las crestas de arrecifes, la densidad fue variable (figura 3 a y b).

Índice de abundancia relativa (CPUE)

Los índices de abundancia relativa (CPUE) fueron estandarizados en kg/lance. Los mayores registros de CPUE de *P. magdalenae* se registraron en el centro, centro oriente y norte del CCZ (figura 3). En los lances positivos para esta especie, los valores de CPUE variaron entre 0,040 y 8,19 kg/lance. Además, en 11 de las 25 cuadrículas muestreadas no se registraron capturas de rayas (tabla 1).

Distribución y abundancia de la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*: Potamotrygonidae)

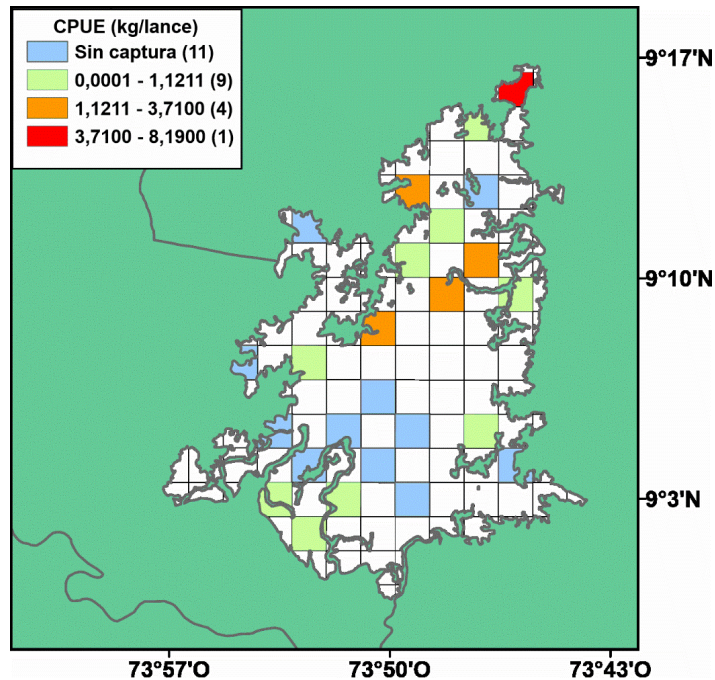


Figura 3. Abundancia relativa (CPUE) de la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*) en las cuadrículas muestreadas en el Complejo Cenagoso de Zapatosá.

Tabla 1. Datos de referencia y valores de CPUE de los lances de pesca con redes de enmalle efectuados en las cuadrículas muestreadas en el Complejo Cenagoso de Zapatosá.

No. Cuadrícula	Cuadrícula	Latitud (N)	Longitud (W)	CPUE (kg/lance)	Profundidad (m)
1	97	9,259	-73,762	8,19	2,0
2	83	9,204	-73,780	0,00	2,0
3	53	9,132	-73,834	3,71	4,2
4	64	9,150	-73,762	0,68	2,5
5	81	9,204	-73,816	1,71	4,5
6	26	9,078	-73,889	0,00	3,1
7	30	9,078	-73,816	0,00	6,2
8	42	9,114	-73,871	0,25	5,4
9	2	9,023	-73,871	0,04	0,5
10	7	9,042	-73,856	0,08	1,0
11	9	9,041	-73,816	0,00	0,5
12	74	9,186	-73,871	0,00	3,6
13	71	9,168	-73,780	1,85	1,5
14	32	9,078	-73,780	0,75	5,9
15	41	9,114	-73,907	0,00	5,4
16	18	9,060	-73,835	0,00	6,1
17	77	9,186	-73,798	0,58	4,7
18	16	9,060	-73,871	0,00	4,5
19	28	9,078	-73,853	0,00	5,2
20	37	9,096	-73,835	0,00	5,9
21	93	9,240	-73,780	0,95	4,5
22	62	9,150	-73,798	2,69	4,2
23	69	9,168	-73,816	0,12	1,5
24	5	9,042	-73,889	0,07	1,3
25	22	9,060	-73,761	0,00	1,1

Autocorrelación espacial y puntos calientes (*hotspots*)

Con base en los resultados obtenidos en el análisis del índice de Moran, se evidenció que la distribución de la CPUE estaba agrupada espacialmente, debido a que la banda de distancia de 4000 m presentó una alta agrupación o patrón de

autocorrelación de la CPUE, en comparación con las otras bandas, donde se presentó una disminución del índice de Moran (figura 4). El valor más alto de puntaje Z se registró en la banda de distancia de 4000, seguidas de 6000 y 8000 m; mientras que el valor más bajo se presentó en la distancia más corta (2000 m).

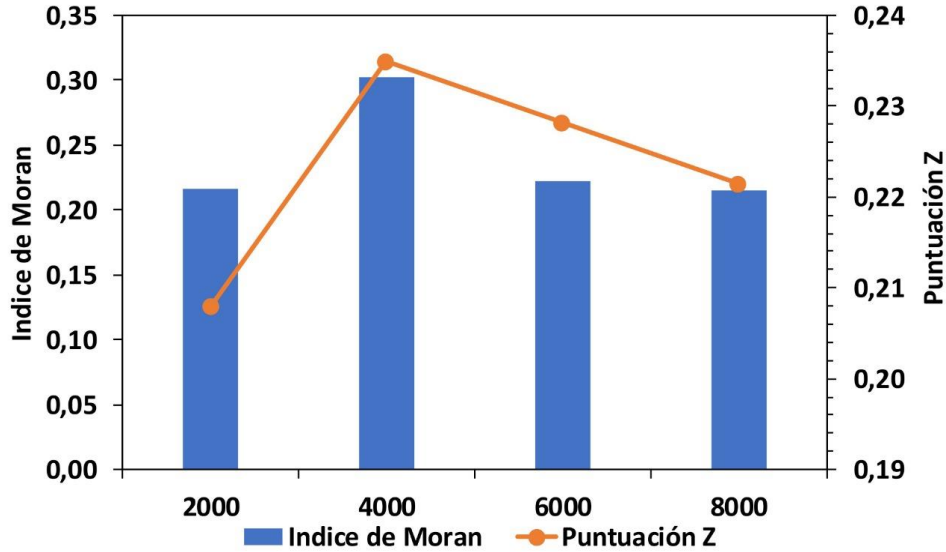


Figura 4. Comparación del Índice de Moran y la puntuación Z calculados para varias bandas de distancia correspondientes a la distribución de la CPUE de *Potamotrygon magdalenae* en el Complejo Cenagoso de Zapatosá.

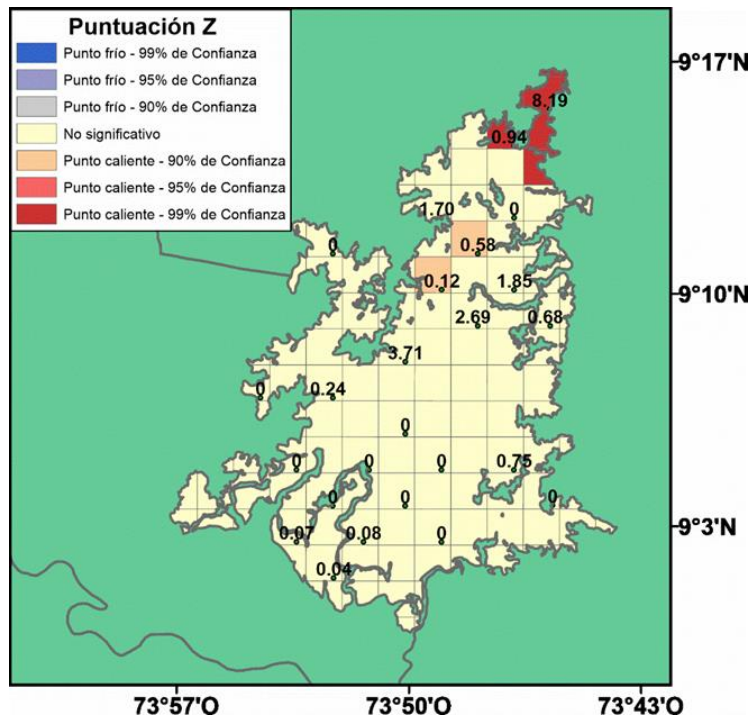


Figura 5. Distribución de puntos calientes o *hotspots* para la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*) en el Complejo Cenagoso de Zapatosá.

Análisis de puntos calientes (*hotspots*)

Con base en estadístico local Getis-Ord Gi estimado mediante el software ArcGIS 10, se establecieron los puntos calientes a partir de la escogencia de la banda de 4000 m, cuyos resultados indicaron patrones de agrupamiento preliminares, estimados a partir de la abundancia relativa (CPUE). Los patrones de agrupamiento se presentaron por la acumulación de celdas vecinas que presentaron altos valores de CPUE (figura 5). La mejor distribución y dependencia de celdas vecinas se observó hacia el norte del CCZ, con una tendencia hacia el centro-este de este cuerpo de agua. Las celdas *hotspot* se indicaron mediante cuadrículas, con base en los valores de CPUE que según el estadístico fueron designados como puntos críticos o calientes.

Tamaños de la raya del Magdalena *Potamotrygon magdalenae*

Los promedios de los tamaños del ancho discal de las rayas del Magdalena variaron ampliamente (8,0-23,8 cm) en las cuadrículas muestreadas (tabla 2). La distribución de las longitudes de la especie en el CCZ muestra que en la mayoría de los sitios las longitudes son inferiores a la TM referenciada por Ramos-Socha (2010), quien especifica que en las ciénagas del Magdalena las hembras alcanzan la talla media de madurez sexual a los 240 mm AD, y los machos a los 202 mm AD. Solo en tres cuadrículas se registraron longitudes en este rango de la TM y en ninguna de las cuadrículas el promedio fue superior a la TM (figura 6).

Tabla 2. Ancho discal promedio (cm) de las rayas capturadas en las cuadrículas muestreadas en el Complejo Cenagoso de Zapatosá.

No. Cuadrícula	Latitud N (grados)	Longitud W (grados)	Ancho discal promedio (cm)
1	9,259	-73,762	22,7
2	9,204	-73,780	-
3	9,132	-73,834	17,3
4	9,150	-73,762	18,0
5	9,204	-73,816	21,8
6	9,078	-73,889	-
7	9,078	-73,816	-
8	9,114	-73,871	9,3
9	9,023	-73,871	8,0
10	9,042	-73,856	10,1
11	9,041	-73,816	-
12	9,186	-73,871	-
13	9,168	-73,780	17,2
14	9,078	-73,780	23,8
15	9,114	-73,907	-
16	9,060	-73,835	-
17	9,186	-73,798	17,9
18	9,060	-73,871	-
19	9,078	-73,853	-
20	9,096	-73,835	-
21	9,240	-73,780	15,4
22	9,150	-73,798	18,5
23	9,168	-73,816	15,5
24	9,042	-73,889	9,0
25	9,060	-73,761	-

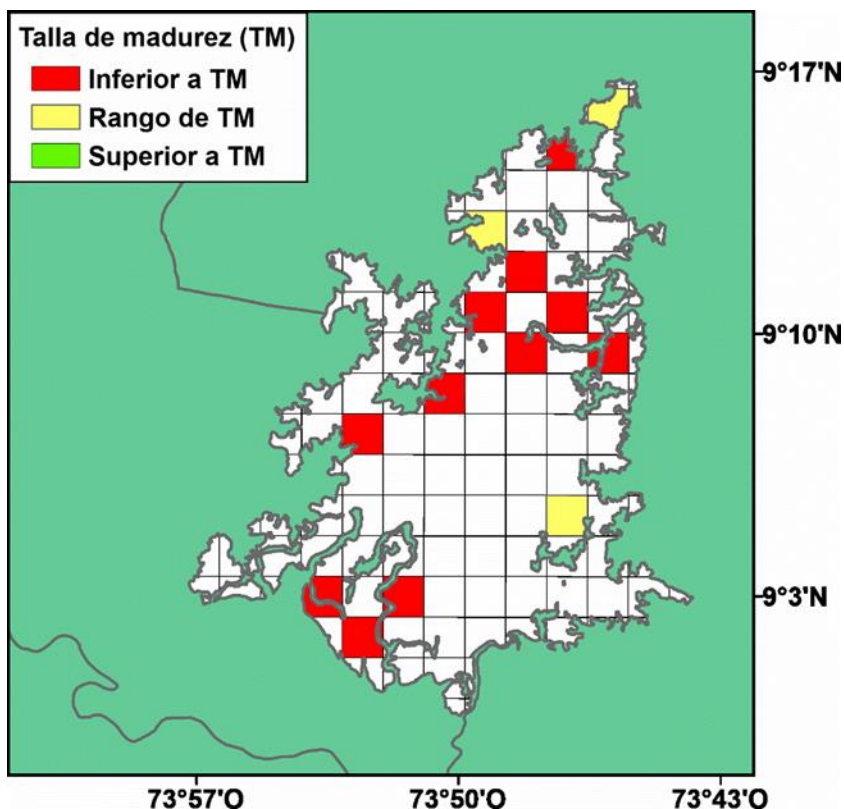


Figura 6. Distribución de los tamaños promedio de la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*) en las diferentes cuadrículas de muestreo del Complejo Cenagoso de Zapatos, comparados con la talla de madurez de la especie.

Discusión

Las mayores capturas de rayas (*P. magdalenae*) fueron obtenidas durante la primera temporada húmeda, entre los meses de abril y mayo. Durante este último mes se registran las mayores precipitaciones en la región, ocasionando un aumento de la columna de agua de la ciénaga. Sin embargo, el IDEAM (2020) describe que este comportamiento no depende exactamente de las precipitaciones locales, sino del régimen de lluvias de la parte alta y media de la cuenca de los ríos Magdalena y Cesar. Cabe destacar el efecto regulador de la ciénaga en el régimen hidrológico de la región, amortizando las crecientes de los ríos Cesar y Magdalena, en especial el flujo y contraflujo del río Cesar (Aristizábal, 2016). En ese sentido, los mayores valores de la CPUE de rayas en el norte y centro-oriente de la ciénaga coinciden con el aumento del caudal del Magdalena, que empieza a incrementar su nivel desde marzo hasta alcanzar niveles altos en mayo, época en que el río se convierte en aportante a la ciénaga, situación que según IDEAM se mantiene hasta el mes de junio. Asimismo, la zona central corresponde a los sectores más profundos, que en Zapatos podrían alcanzar hasta los 8 m, con una media entre 3 y 4 m de profundidad, que la hacen un sistema estable y sin

inundaciones atípicas (Aristizábal, 2016). En términos pesqueros, los resultados del estudio presentan la mayor tasa de captura de rayas en el mes de abril, pico que coincide con los resultados de Ramos-Socha (2010) para ciénagas del río Magdalena. Las zonas de mayor agrupamiento y autocorrelación espacial de la CPUE, conocidas como puntos calientes (*hotspots*) se encuentran ubicadas en la parte norte y centro del CCZ. El área inundable que se expande del centro hacia el norte podría indicar un nicho ecológico para la especie, lo cual coincide con el gradiente evidenciado en la CPUE.

Por otro lado, los resultados de la distribución espacial no coincidieron con la distribución de los tamaños de las rayas, que mostraron los mayores promedios (ancho discal) en cuadrículas muy definidas al norte y oriente, mientras que, los menores tamaños se distribuyen ampliamente en el CCZ. La distribución de las tallas de madurez se comparó con los resultados obtenidos por Ramos-Socha (2010), quien señala que en las ciénagas del Magdalena las hembras alcanzan la talla media de madurez sexual a los 240 mm de ancho discal (AD), y los machos a los 202 mm AD. En este sentido, resulta clave señalar que en ninguno de los casos la media de los

tamaños capturados estuvo por encima de la talla de madurez mencionada. Por ello, es posible plantear otra hipótesis de que esta especie se ha visto forzada a madurar más pequeña, como una estrategia compensatoria (Dieckmann *et al.*, 2009), debido a la elevada presión de la actividad pesquera, caso común en otros recursos pesqueros (Altamar *et al.*, 2015). Sin embargo, también puede ser debido a impactos naturales, principalmente los que obedecen a cambios en los ciclos hidrológicos que sean favorables para la especie.

Esta especie tiene una amplia distribución en las cuencas del Magdalena y del Atrato, tanto en ríos y/o quebradas como en ciénagas (Román-Valencia, 1990), por lo que a priori es posible indicar que la especie se distribuye aleatoriamente; sin embargo, la herramienta de análisis del *hotspot* según el estadístico G_i^* de Getis Ord fue capaz de identificar agrupaciones espaciales estadísticamente significativas hacia el norte y el centro del CCZ, las cuales podrían estar asociadas a la expansión del espejo de agua. Por lo cual, para explicar estas agrupaciones surgen hipótesis en torno a la relación entre el ciclo hidrológico del CCZ y los aspectos tróficos y reproductivos de *P. magdalenae*, lo que debería ser objeto de estudios que permitan dilucidar tales relaciones.

Referencias

Agudelo, E., Ajiaco, R.E., Álvarez, L.E., Barreto, C.G., Borda, C.A., Bustamante, C.C., Caldas, J.P., De la Hoz, J., Diazgranados, M.C., Melo, G., Perucho, E., Puentes, V., Ramírez, A.; Ramírez, A., Rueda, M., Salinas, J.C. y Zapata, L.A. 2011. Protocolo de captura de información pesquera, biológica y socio-económica en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - Dirección de Pesca y Acuicultura - Subgerencia de Pesca y Acuicultura INCODER - Conservación Internacional. Bogotá D.C.

Altamar, J., Manjarrés-Martínez, L., Duarte, L.O., Cuello, F. y Escobar-Toledo, F. 2015. ¿Qué tamaños deberíamos pescar?. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) - Universidad del Magdalena, Santa Marta.

Araujo, M.L.G., Charvet-Almeida, P., Pinto de Almeida, M., y Pereira, H. 2004. Freshwater Stingrays (Potamotrygonidae): Status, conservation and management challenges. Twentieth Meeting of the Animals Committee, CITES, Johannesburg.

Aristizábal, J.P.C., Castro-González, E., Puentes, V., Rueda, M., Lasso, C., Duarte, L.O. y Bessudo, S. 2010. Plan de Acción Nacional para la conservación y manejo de tiburones, rayas y

quimeras de Colombia (PAN-Tiburones Colombia). Instituto Colombiano Agropecuario, Secretaria Agricultura y Pesca San Andrés Isla, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras, Instituto Alexander von Humboldt, Universidad del Magdalena, Universidad Jorge Tadeo Lozano, Pontificia Universidad Javeriana, Fundación SQUALUS, Fundación Malpelo y otros Ecosistemas Marinos, Conservación Internacional, WWF Colombia. Editorial Produmedios, Bogotá D.C.

Aristizábal, V.M. 2016. Lineamientos hidrológicos para la delimitación de humedales. Casos de estudio: Ciénaga de la Zapatosa y Complejo de Esteros Paz de Ariporo. Tesis de maestría, Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Bogotá, Colombia.

Caldas, J.P., Díaz-Trujillo, E.M., García, C.B. y Duarte, L.O. 2009. Revisión histórica de la pesca de tiburones y rayas en el mar Caribe continental de Colombia. *Avances en el conocimiento de tiburones, rayas y quimeras de Colombia* 97-131.

Castro, R.S. 2012. Análisis florístico y fitogeográfico de ambientes asociados al complejo de ciénagas de Zapatosa (Cesar) en el Caribe colombiano. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá D.C., Colombia.

Compagno, L.J.V. y Cook, S.F. 1995. The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of the taxa and prospects for the future. *Journal of Aquaculture and Aquatic Sciences* 7: 62-91.

Charvet-Almeida, P. y Pinto de Almeida, M. 2004. *Potamotrygon magdalenae*. In: IUCN Red List of Threatened Species. www.iucnredlist.org . Consultado. 14 de octubre de 2020.

Charvet-Almeida, P., Almeida, M.P. Silva, A.J. Viana, A.S. y Rosa, R. S. 2006. Polychromatism of the freshwater stingray *Potamotrygon leopoldi* (Chondrichthyes: Potamotrygonidae). Memories of XXII Meeting American Elasmobranch Society, New Orleans.

Dahl, G. 1971. Los peces del Norte de Colombia. Ministerio de Agricultura. Instituto de desarrollo de los recursos naturales renovables INDERENA, Bogotá D.C.

Dieckmann, U., Heino, M. y Rijnsdorp, A.D. 2009. The dawn of Darwinian fishery management. *ICES Insight* 9:34-43.

Duarte, L.O., De la Hoz-M, J. y Manjarrés-Martínez, L. 2018. Análisis de los desembarcos pesqueros artesanales registrados en las cuencas y litorales de Colombia (julio-diciembre de

- 2018). Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP). Bogotá D.C.
- Galvis, G., Mojica, J.I. y Camargo, M. 1997. Peces del río Catatumbo. Asociación Cravo Norte. (ECOPETROL, OXY, SHELL). Bogotá D.C.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2020. Establecimiento de la Línea Base Ambiental del Complejo Cenagoso de Zapatosa. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Subdirección de Hidrología. 2012. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. [_URL:_
http://www.corpocesar.gov.co/files/DOCUMENTOBATIMETRIA_CGA.pdf](http://www.corpocesar.gov.co/files/DOCUMENTOBATIMETRIA_CGA.pdf). Consultado: 15 de octubre 2020.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt). 2015. Propuesta de límite para la Ciénaga de Zapatosa. Ventana de Estudio. Equipo Humedales Fondo Adaptación, Instituto Humboldt. Bogotá, D.C.
- Jalali, M.A., Ierodiaconou, D., Gorfine, H., Monk, J. y Rattray, A. 2015. Exploring Spatiotemporal Trends in Commercial Fishing Effort of an Abalone Fishing Zone: A GIS-Based Hotspot Model. *PloS one*10(5): e0122995. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0122995>.
- Lasso, C.A. 1985. Las rayas de agua dulce. *Natura* 77: 6-9.
- Lasso, C.A., Ramos-Socha, H.B., Rivas-Lara, T.S. y Rincón-López, C.E. 2011. *Potamotrygon magdalenae*. En: Lasso, C.A.E., Agudelo Córdoba, L., Jiménez-Segura, F., Ramírez-Gil, H., Morales-Betancourt M., Ajiaco-Martínez, R.E., Gutiérrez, de P.F., Usma, J.S., Muñoz-Torres S.E. y Sanabria Ochoa, A.I. Editores. I. *Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C.
- Lasso, C.A., Rial, A., Colonnello, G., Machado-Allison, A. y Trujillo, F. 2014. *Humedales de la Orinoquia (Colombia-Venezuela)*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D. C.
- Lovejoy, N.R. 1996. Systematics of myliobatoid elasmobranchs: with emphasis on the phylogeny and historical biogeography of Neotropical freshwater stingrays (Potamotrygonidae: Rajiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society* 117(3): 207-257.
- Maldonado-Ocampo, J.A., Vari, R.P. y Usma J.S. 2008. Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9(2): 143-237.
- Morales-Betancourt, R.E., Ajiaco-Martínez, F., de P. Gutiérrez, J.S., Usma, S.E. Muñoz, Torres y Sanabria Ochoa, A.I. *Catálogo de los recursos pesqueros continentales de Colombia*. Serie Editorial Recursos Hidrobiológicos y Pesqueros Continentales de Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). Bogotá, D.C.
- Martínez Achenbach, G. y Martínez-Achenbach, S.V. 1976. Nota acerca de algunas especies de "raya fluvial" (Batoidei, Potamotrygonidae), que frecuentan el sistema hidrográfico del Río Paraná Medio en el departamento la capital (Santa Fe, Argentina). *Comunicaciones del Museo Provincial de Ciencias Naturales Florentino Ameghino. Zoología* (Santa Fe, Argentina) 8: 24
- Marques, J.F.B. 1996. Regulação de Amônia e Uréia de Potamotrygon sp. (Chondrichthyes: Potamotrygonidae) em Águas Amazônicas. Masters Dissertation, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia & Universidade do Amazonas, Manaus, Brasil.
- Marrugo, C., Altamar, J. y Duarte, L.O. 2015. Caracterización tecnológica e índices de captura de elasmobranquios, con redes de enmalle que incorporan anzuelos, utilizadas en el golfo de Salamanca (Caribe colombiano). *Intropica*: 84-92.
- Ramos-Socha, H. 2010. Algunos aspectos biológicos de la raya de agua dulce *Potamotrygon magdalenae* (Dumeril, 1865) (Chondrichthyes: Myliobatiformes) en la Ciénaga de Sabayo, Guaimaral, Magdalena-Colombia. Trabajo de Grado, Facultad de Ciencias Naturales, Programa de Biología Marina, Santa Marta, Colombia.
- Raschi, W. y Mackanos, L.A. 1989. The Structure of the Ampullae of Lorenzini in *Dasyatis garouaensis* and Its Implications on the Evolution of Freshwater Electroreceptive Systems. *Journal of Experimental Zoology* 2: 101-11.
- Román-Valencia, C. 1990. Lista y distribución de peces en la cuenca media del río Atrato, Chocó, Colombia. *Caldasia* 16 (77): 201-207.
- Rosa, R.S. 1985. Una revisión sistemática de las rayas de agua dulce de América del Sur (Chondrichthyes: Potamotrygonidae).

Distribución y abundancia de la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*: Potamotrygonidae)

Doctorado no publicado. Disertación. Colegio de William y Mary, Virginia, Estados Unidos.

Ross, R.A. 1999. Freshwater stingrays from South America (Special). Aqualog. ACS Gaser. Germany.

Sparre, P. y Venema, S. 1997. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales. Parte 1. Documento técnico de pesca Np. 306/1. The Food and Agriculture Organization (FAO), Roma.

Thorson, T.B., Cowan, C.M. y Watson, D.E. 1967. Potamotrygon spp.: elasmobranchs with low urea content. *Science* 158 (3799): 375–377.

Tresierra, A. y Culquichicón, Z. 1993. Biología pesquera. Primera edición. Editorial Libertad, Trujillo.

Viloria, J. 2008. Economía extractiva y pobreza en la ciénaga de Zapatosa. Banco de la República, Santa Marta.

Citar como: Castañeda, E.J, Cuello, F., Pacheco, M. y Altamar, J. 2021. Distribución y abundancia de la raya del Magdalena (*Potamotrygon magdalenae*: Potamotrygonidae) en el Complejo Cenagoso de Zapatosa, Colombia. *Intropica* 16(1): *postprint*. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3857>.