

Uso de la ictiofauna para la evaluación de la condición ecológica y ambiental de un complejo cenagoso en el Caribe colombiano

Use of the ictiofauna for the assessment of the ecological and environmental condition of a marsh complex in the colombian Caribbean

Juan Carlos Valdelamar-Villegas, Lissy Carolina García-Pacheco, Sonia María Cuadro-Alzamora, José David Torres-Benítez y Cesar Augusto-Arciniegas Suárez

Grupo de Investigaciones Ambientales, Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco, Cartagena, Colombia

*Autor de correspondencia: jvaldelamarv1@unicartagena.edu.co

Recibido: 29 de junio de 2020

Aceptado: 09 de noviembre de 2020

Publicación en línea: 12 de diciembre de 2020

Resumen

Palabras clave:
biodiversidad; ciénaga
Juan Gómez Dolores, peces; red trófica

Con el propósito de evaluar la condición ecológica y ambiental del complejo cenagoso Juan Gómez Dolores, ubicado al norte del Caribe colombiano, se realizaron muestreos de peces con atarraya y trasmallo. Luego, los peces fueron clasificados tanto taxonómicamente como por gremio trófico. Posteriormente, se analizaron los índices ecológicos de diversidad, equidad y dominancia, y además se desarrolló un modelo conceptual de red trófica, basado en los gremios tróficos establecidos. Los resultados de estos análisis permitieron conocer que el ecosistema no solo posee bajos valores de riqueza (12 especies), baja diversidad (0-1,90) y equidad (0-0,98), así como una alta dominancia (0,16-1,00) de peces omnívoros, en comparación con otros humedales del Caribe colombiano. Esto indica que este sistema cenagoso atraviesa un potencial proceso de degradación de la base alimentaria de los peces, posiblemente a causa de las condiciones ambientales desfavorables por las que atraviesa actualmente este ecosistema, en el que incluso podría estar comprometiéndose la sostenibilidad de sus poblaciones ícticas en el mediano y largo plazo.

Abstract

Key words:
biodiversity; Juan Gómez
Dolores marsh; fish, trophic web

To assess the ecological and environmental condition of the Juan Gómez Dolores marsh complex, located in the northern Colombian Caribbean, fish sampling was carried out with cast net and gill net. Then, the fishes were classified taxonomically and also according to their trophic guild. Subsequently, the ecological indices of diversity, equity and dominance were analyzed, complementing this analysis with the development of a conceptual model of the trophic network, based on the trophic associations established. The results of these analyses indicate that the ecosystem not only has low values of richness (12 species), low diversity (0-1.90) and equity (0-0.98), but also high dominance (0.16-1.00) of omnivorous fish when compared to other wetlands in the Colombian Caribbean. This indicates that this marsh complex is undergoing a potential degradation process of the fish food base, possibly due to inadequate environmental conditions this ecosystem is currently experiencing, which, in turn, could be negatively compromising the sustainability of their fish populations in both the mid and long term.

Introducción

Los peces cumplen múltiples funciones en los ecosistemas acuáticos, destacándose entre estas la transferencia de energía a través del entramado trófico, donde constituyen una fuente importante de alimento para otros animales (Winemiller *et al.*, 2008; Eloranta *et al.*, 2015). Igualmente, han sido destacados por su papel como bioindicadores de la condición ecológica y ambiental de los ecosistemas acuáticos, debido a su sensibilidad frente a contaminantes de naturaleza biológica o química, como metales pesados e hidrocarburos (Olivero y Jhonson, 2002; Mateus y Caicedo, 2016).

La utilidad de los peces como bioindicadores de calidad ambiental de los ecosistemas acuáticos también ha sido reconocida a partir del uso de marcadores bioquímicos y moleculares de respuesta toxicológica, los cuales son bastante precisos y confiables (Wester *et al.*, 1994; Santana *et al.*, 2018). Sin embargo, la aplicación de estos métodos puede ser compleja, costosa y consumir mucho tiempo, razón por la cual han surgido métodos alternativos menos complejos, fundamentados en la caracterización de atributos ecológicos, tales como el contenido estomacal, la composición de especies y la estructura trófica que estos conforman (Munkittrick y Dixon, 1989; Munguía *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2018).

El análisis de los atributos ecológicos de los peces sirve para evaluar de manera fácil y rápida el impacto que tienen las actividades antrópicas sobre la condición ecológica de los ecosistemas acuáticos (Borgwardt *et al.*, 2019; Collier *et al.*, 2019); igualmente, este tipo de análisis permite identificar cambios graduales de la calidad ambiental, principalmente relacionados con las características fisicoquímicas del agua

(Bond *et al.*, 2015; Posthuma *et al.*, 2016), o con fenómenos de importancia hidrológica y batimétrica para el mantenimiento y conservación de los recursos hidrobiológicos, como la sedimentación y desecación de las ciénagas (Arango-Rojas *et al.*, 2008; Ríos-Pulgarín *et al.*, 2008; Mojica-Figueroa y Díaz-Olarte, 2016; WWF, 2019).

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, el objetivo de la presente fue evaluar la condición ecológica y ambiental del complejo cenagoso Juan Gómez Dolores, a partir de la caracterización de algunos atributos ecológicos de los peces en este importante lugar del norte del Caribe colombiano, el cual funciona como reservorio de agua para abastecer al sistema de potabilización de agua en la ciudad de Cartagena de Indias, del cual depende más de un millón de habitantes.

Materiales y métodos

Área de estudio

El complejo cenagoso Juan Gómez Dolores se localiza en la zona norte del Caribe colombiano, en el Departamento de Bolívar, más exactamente sobre la margen derecha de la zona fluvial del Canal del Dique (figura 1). Se caracteriza por ser un humedal lótico, tipo 3, debido a que mantiene una conexión indirecta por medio de caños con el Canal del Dique, aunque también recibe aguas de escorrentía natural de los de los arroyos Quita calzón, Cáscara y el Salado. El ingreso de agua desde el Canal del Dique se da mediante la combinación de un sistema de bombeo y el manejo de compuertas que realiza la empresa Aguas de Cartagena (Acuacar S. A.), lo que garantiza mantener los niveles de agua en el sistema lagunar conforme a las necesidades de la operación (CAF y TNC, 2009).

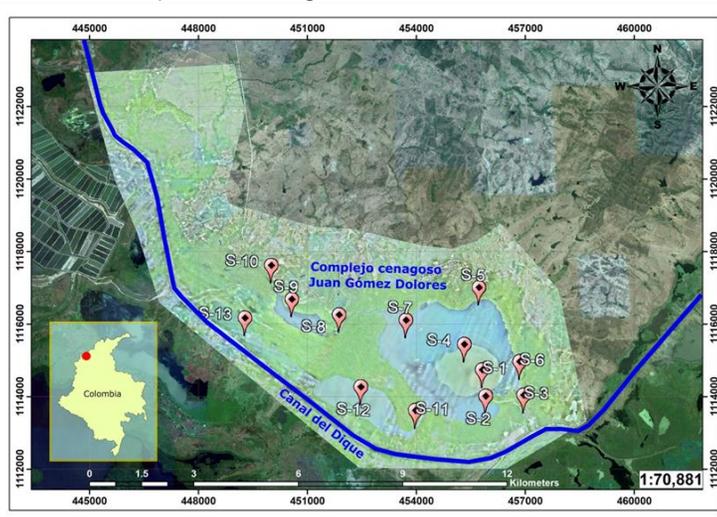


Figura 1. Ortofotografía donde se indican los sitios de muestreo del componente íctico en la Ciénaga Juan Gómez Dolores

Fase de campo

Como requisito previo al inicio de los muestreos, se realizó una visita preliminar de campo en compañía de algunos pescadores de la zona, con el propósito identificar los sitios estratégicos para la captura de los organismos. Posterior a ello fueron seleccionados de forma sistemática 13 sitios (Tabla 1), teniendo en cuenta criterios como la influencia directa de corrientes de agua o el ingreso de tributarios (arroyos y caños) y la ausencia de plantas macrófitas.

Las jornadas de pesca se realizaron durante agosto de 2019, con ayuda de pescadores locales de los municipios de Rocha y Puerto Badel, a partir de las 6:00 am, empleando un esfuerzo de pesca de 8 horas/día, durante las cuales se visitaron tres sitios por día. Para la captura de los individuos se contó con una embarcación con motor fuera de borda, utilizando como

artes de pesca una atarraya fabricada en nylon multifilamento de 5 m de radio y ojo de malla de 3,5 centímetros, con seno y plomada. También se utilizó una red de enmalle ("trasmallo") de nylon multifilamento de 100 m de largo, 2,5 m de altura y ojo de malla de 5 cm.

Los individuos capturados fueron inicialmente identificados en campo, y para validar posteriormente dicha identificación se tomaron notas acerca de las principales características morfológicas y se tomaron fotografías. Luego de esto, los individuos fueron devueltos vivos al sistema. Para confirmar las especies se utilizaron listas, claves taxonómicas e iconografías especializadas, como las de Eigenmann (1922); Schultz (1944); Miles (1947); Dahl (1971); Géry (1977); Maldonado et al., (2005, 2006), Maldonado-Ocampo *et al.* (2008) y Covain, Fisch (2007) y Villa-Navarro *et al.* (2017).

Tabla 1. Detalles de los sitios de muestreo en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores (agosto de 2019).

Sitio	Área de influencia	Descripción	Coordenadas	
			N	O
S-1	Estación Bombeo Conejo y Caño El Chorro	Desembocadura Caño El Chorro 1	10°04'48,43"	75°24'12,86"
S-2		Desembocadura Caño El Chorro 2	10°04'25,63"	75°24'10,59"
S-3		Caño El Chorro	10°04'26,74"	75°23'37,09"
S-4	Ciénaga Juan Gómez Dolores	Centro Ciénaga Juan Gómez Dolores	10°05'10,78"	75°24'28,12"
S-5		Hoyo de Mache	10°06'01,82"	75°24'13,35"
S-6		Caño Juan Gomito	10°04'55,93"	75°23'39,40"
S-7	Ciénaga Bohórquez	El seco	10°05'31,78"	75°25'19,66"
S-8		Entrada Bohórquez	10°05'35,97"	75°26'19,33"
S-9		Ciénaga Bohórquez	10°05'49,55"	75°27'01,64"
S-10	Ciénaga El Ranchito	Caño Bombeo Dolores Bohórquez	10°06'20,12"	75°27'20,43"
S-11		Entrada el Ranchito	10°04'12,70"	75°25'12,75"
S-12		Ciénaga el Ranchito	10°04'32,68"	75°26'00,40"
S-13		Caño Ranchito-Norte	10°05'32,43"	75°27'43,28"

Índice de Biodiversidad

Se calcularon los índices de Dominancia (D), diversidad de Shannon (H), Margalef y Equidad (J), de acuerdo a lo indicado en Moreno (2001), utilizando el programa computacional EstimateS (Colwell, 2013).

Relación trófica

La caracterización del nivel trófico, así como el gremio trófico de cada una de las especies capturadas, se realizó con base en la información registrada en Fishbase (<https://www.fishbase.se/search.php>), mientras que el análisis del tipo de relaciones tróficas del ensamble de peces, se realizó teniendo en cuenta las consideraciones establecidas por Tamara *et al.* (2019), entre las que se destacó el número de

nodos y aristas, así como el grado medio de conectancia, lo cual se hizo con ayuda del programa computacional especializado para el análisis de redes, Gephi 0.9.2 (Bastian *et al.*, 2009).

Análisis de los datos

Los datos fueron tabulados en hojas electrónicas del programa computacional Excel de Microsoft, para su posterior procesamiento estadístico, el cual incluyó análisis de tipo descriptivo (distribución de frecuencias, análisis tabulares y gráficos). La totalidad de los análisis se realizó con los paquetes estadísticos R (vers. 3.6.2) y Graphpad Prism (Vers. 6.0).

Resultados

Caracterización de la ictiofauna

En total, fueron capturados 488 individuos pertenecientes a 12 especies, distribuidas en 10 familias y cinco órdenes (tabla 2, figura 2). Por su mayor abundancia, se destacaron las especies

Cyphocharax magdalena y *Triporthues magdalena*, en tanto que la menor abundancia correspondió a *Geophagus steindachneri*. Respecto a los órdenes encontrados, se destacaron los Characiformes, con el 90,4 % de los especímenes capturados, seguidos de Cichliformes y Siluriformes con el 7,2 y 1,6 %, respectivamente.

Tabla 2. Clasificación taxonómica de la ictiofauna presente en la Ciénaga de Juan Gómez Dolores en agosto de 2019

Orden	Familia	Especie	Nombre común	Total
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax magdalena</i>	Panchita	2
		<i>Roebooides dayi</i>	Chango	7
	Curimatidae	<i>Cyphocharax magdalena</i>	Currulao	355
	Triporthidae	<i>Triporthues magdalena</i>	Arenca	75
	Anastomidae	<i>Megaleporinus muyscorum</i>	Comelón	2
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil incilis</i>	Lisa	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Caquetaia kraussii</i>	Mojarra amarilla	32
		<i>Geophagus steindachneri</i>	Coto peña	1
	Sciaenidae	<i>Plagioscion magdalena</i>	Corvina	2
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	Mayupa	3
Siluriformes	Loricariidae	<i>Rineloricaria magdalena</i>	Macaco e perro	4
	Pimelodidae	<i>Pimelodus blochii</i>	Barbul	4
Total				488

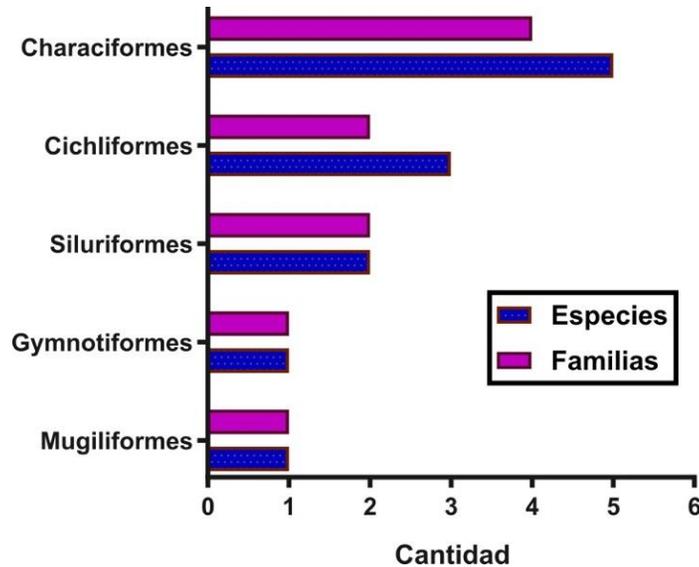


Figura 2. Número de familias y especies capturadas en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores, discriminado por orden taxonómico.

Abundancia, diversidad y biomasa de peces

Los resultados referidos al número (n) de individuos registrados por especie permitieron establecer que los sitios S-1 y S-3, ubicados en la desembocadura del Caño El Chorro, presentaron la mayor riqueza específica, con siete especies cada uno. Le siguen los sitios S-12 (Ciénaga El Ranchito) y S-13 (Caño Ranchito Norte), con cinco especies. En los sitios S-6, S-9, S-10 y S-11 solo fueron capturados dos especímenes, en tanto que en los sitios S-2, S-4 y

S-8 solo fue capturado un espécimen (Tabla 3).

Por su parte, los índices de biodiversidad permitieron conocer que la mayor dominancia (D) de especies se presentó en los sitios, S-2, S-4 S-6 y S-8. Contrario a este resultado, los sitios S-1, S-3, S-12 y S-13 fueron los más equitativos (Tabla 3). Sin embargo, los valores de riqueza (M) y de diversidad de Shannon (H) permitieron catalogar al sitio S-3 como el de mayor riqueza (M= 1,971) y diversidad (H= 1,902 bit).

Tabla 3. Distribución espacial de la abundancia y los valores de diversidad de peces en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores agosto 2019. n: abundancia de individuos.

Sitio	Especies	n	Dominancia (D)	Shannon (H)	Margalef	Equidad (J)
S-1	7	24	0,30	1,49	1,89	0,77
S-2	1	26	1,00	0,00	0,00	0,00
S-3	7	21	0,16	1,90	1,97	0,98
S-4	1	6	1,00	0,00	0,00	0,00
S-6	2	157	0,99	0,04	0,20	0,06
S-8	1	13	1,00	0,00	0,00	0,00
S-9	2	6	0,72	0,45	0,56	0,65
S-10	2	10	0,68	0,50	0,43	0,72
S-11	2	26	0,58	0,61	0,23	0,88
S-12	5	59	0,41	1,11	0,83	0,69
S-13	5	32	0,31	1,31	1,15	0,81

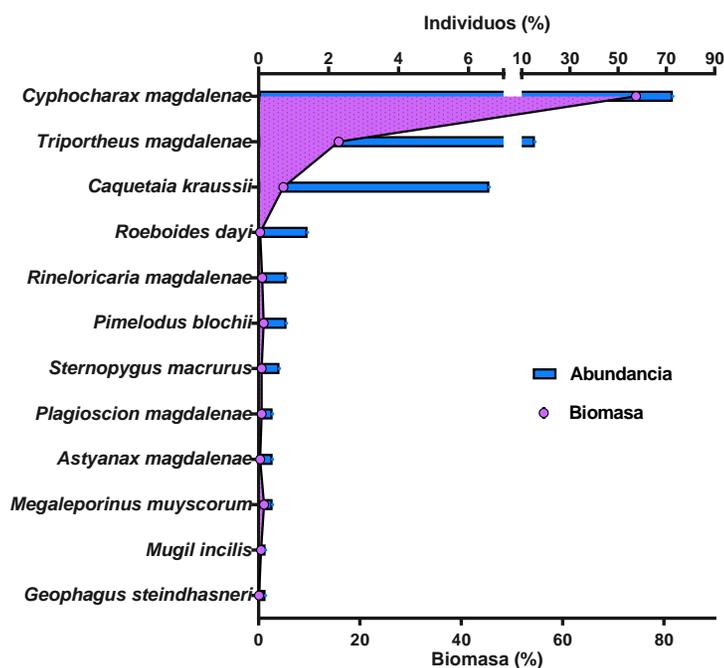


Figura 3. Distribución de la abundancia y biomasa relativa de los peces capturados en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores.

Respecto a la abundancia relativa y la biomasa de las especies (que en total sumó 23,269 g), se obtuvo el siguiente orden decreciente de representación: *C. magdalenae* > *T. magdalenae* > *C. kraussii* > *R. dayi* > *R. magdalenae* > *P. blochii* > *S. macrurus* > *P. magdalenae* > *A. magdalenae* > *M. muyscorum* > *M. incilis* > *G. Steindhasneri* (figura 3). Además de este aspecto, las especies representativas de la captura también lo son en cuanto a la parte económica, debido a su valor comercial en la región y la importancia que adquieren cuando disminuye significativamente la captura de aquellas especies con mayor importancia pesquera, procedentes de otros ecosistemas (comentarios de los pescadores de la zona), tales como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y la tilapia negra (*Oreochromis* sp.).

Gremios e interacción trófica

En lo que respecta a la caracterización de los gremios tróficos presentes en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores (tabla 4), se observa que el nivel trófico de los peces analizados varió entre 2,0 y 4,4. Además, se pudo determinar que la mayoría de los peces muestreados (58 %) pertenecen al gremio de los omnívoros y en menor medida (8 %) a los invertívoros.

Como complemento a lo antes mencionado, la información recopilada sobre los hábitos alimentarios de las especies capturadas en el área de estudio indica que algunas de estas, además de ser depredados entre sí, también se alimentan de fitoplancton, zooplancton, restos vegetales, detritos e

invertebrados (figura 4), a partir de la cual se determinó que el entramado trófico de los peces estaba conformado por 17 nodos y 46 aristas con una densidad de 0,17. Se destacan en este conjunto de organismos los animales invertebrados y los restos vegetales, por ser los de mayor conectancia, con valores de 7 y 6,

respectivamente. Igualmente, este análisis permitió identificar a las especies *C. kraussii* y *P. squamosissimus* como las únicas consumidoras de peces, indicando que estas especies probablemente juegan un papel importante en la regulación de las poblaciones de otras especies en el ecosistema.

Tabla 4. Niveles y gremios tróficos de las principales especies capturadas en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores (agosto de 2019).

Especie	Nombre común	Nivel trófico	Gremio trófico
<i>Roeboides dayi</i>	Chango	3,5±0,44	Omnívoros
<i>Astyanax magdalanae</i>	Panchita	2,6±0,21	
<i>Triporthus magdalanae</i>	Arenca	2,8 ±0,3	
<i>Megaloporinus muyscorum</i>	Comelón	2,5±0,1	
<i>Geophagus steindhasneri</i>	Coto peña	2,0±0,00	
<i>Pimelodus blochii</i>	Barbul	3,1±0,43	
<i>Mugil incilis</i>	Lisa	2,0±0,1	
<i>Rineloricaria magdalanae</i>	Macaco e perro	2,5±0,2	Detritívoros
<i>Cyphocharax magdalanae</i>	Currulao	2,0±0,00	Carnívoros
<i>Caquetaia kraussii</i>	Mojarra amarilla	3,4±0,85	
<i>Plagioscion magdalanae</i>	Corvina	4,4±0,5	Invertívoros
<i>Sternopygus macrurus</i>	Mayupa	3,2±0,40	

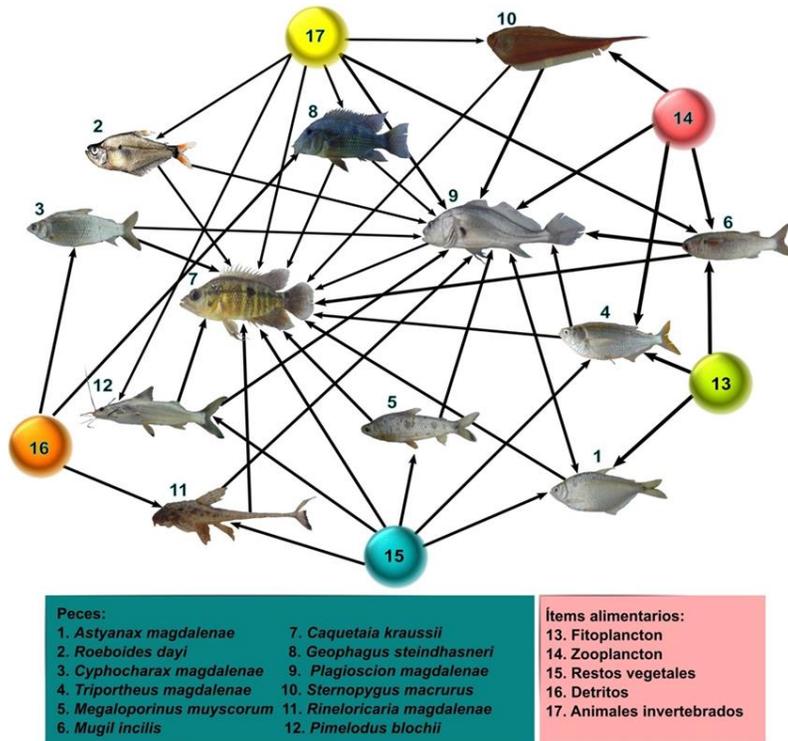


Figura 4. Modelo conceptual de la red trófica asociada a las especies de peces capturadas en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores.

Discusión

El complejo cenagoso Juan Gómez Dolores actualmente es un sistema semicerrado, que recibe poco aporte de agua desde los diferentes arroyos, caños y canales y cuya entrada desde el

canal del Dique está controlada por un sistema de compuertas, que reduce significativamente la incidencia de aquellos factores asociados con el ciclo hidrológico de la cuenca, sobre todo en el periodo de lluvias, época en la que se desarrollaron los muestreos. Esta situación muy probablemente guarda

relación con la reducida cantidad de especies ($n=12$), el bajo valor de diversidad (0,95 bits/individuo) y equidad (0,49) y la dominancia relativamente alta (0,58) que presentó este humedal durante la época de muestreo, en comparación con otros de la cuenca del río Magdalena (tabla 5).

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada (tabla 5), durante los últimos 35 años parece haber desaparecido del complejo cenagoso Juan Gómez Dolores cerca del 80 % de las

especies (figura 5). Las causas de este proceso pueden ser de múltiple naturaleza; sin embargo, entre las más probables se destacan la presión por pesca y otras de tipo ambiental, como la reducción en la profundidad de la columna de agua y el ingreso de contaminantes ambientales procedentes de la actividad agrícola y ganadera, que afectan el crecimiento y la mortalidad de las especies acuáticas (CAF y TNC, 2009; Olaya *et al.*, 2017).

Tabla 5. Diversidad, equidad y dominancia en varios ecosistemas cenagosos de la cuenca del río Magdalena, Colombia. Los valores de las celdas diferentes a las del N° de especies, indican: Intervalo medio (mínimo-máximo). a: Ríos-Pulgarín *et al.* (2008); b: Marín y Aguirre (2014); c: Avendaño y Ramírez, (2017); d: Zubiria *et al.* (2009); e: Mojica-Figueroa y Díaz-Olarte (2016) y f: Presente estudio.

Humedal (Departamento)	No de especies	Diversidad	Equidad	Dominancia	Autor(es)
Complejo cenagoso de Ayapel (Córdoba)	46	2,05 (0,60-3,5)	0,72 (0,54-0,91)	0,22 (0,08-0,37)	a, b y c
Poza verde, El Torno, Las Piedras, Marchena y Cuatro Bocas (Magdalena)	37	1,46 (1,15-1,78)	4,89 (0,79-0,90)	-	d
Ciénaga de Paredes (Santander)	29	1,63 (0,88-2,39)	0,79 (0,64-0,94)	0,2 (0,12-0,28)	e
Complejo cenagoso Juan Gómez Dolores (Bolívar)	12	0,95 (0-1,90)	0,49 (0-0,98)	0,58 (0,16-1,00)	f

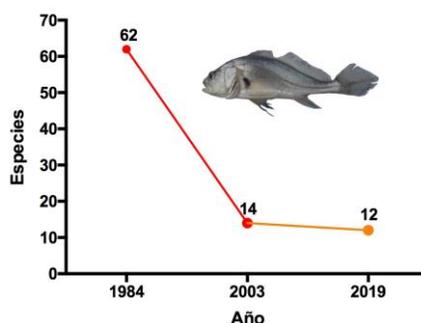


Figura 5. Variación histórica del número de especies de peces reportadas para el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores, establecida con base en datos de los años 1984, 2003 (Universidad del Norte, 2003) y 2019 (presente estudio).

Respecto a la dominancia de las especies pertenecientes al orden Characiformes (*C. magdalenae* y *T. magdalenae*), este resultado estuvo en correspondencia con lo manifestado por Lowe-McConnell (1995), para el neotrópico y por Maldonado-Ocampo *et al.* (2008) para la cuenca del río Magdalena. La explicación de este fenómeno obedece a la tolerancia que tienen muchas de estas especies a los contaminantes químicos, materia orgánica, sólidos suspendidos y procesos de mineralización y eutroficación que ocurren en este tipo de ecosistemas (Ramírez y Viña, 1998; Ríos-Pulgarín *et al.*, 2008), así como al empleo de estrategias de vida relacionadas con el uso de zonas con alta densidad de plancton, para incrementar sus reservas nutricionales antes del periodo migratorio, como ocurre con *T. magdalenae*, que además puede reproducirse varias veces en el año (Morales y García-Alzate, 2018;

Valdelamar-Villegas, 2018). Otra especie dominante en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores, fue el Cichlíforme *C. kraussii*, especie que al igual que las anteriores utiliza estrategias como la reproducción multianual, el cuidado parental y además posee un amplio margen trófico que incluye en su dieta larvas y estadios tempranos de la mayoría de especies ícticas, con lo cual garantiza su supervivencia (Solano, *et al.*, 2013).

Además de los índices de biodiversidad, la evaluación de las preferencias alimentarias de los peces también es utilizada como un índice de la integridad del sistema; esto es debido a que la abundancia y disponibilidad de la dieta tiene una estrecha relación con las condiciones ambientales (Rodríguez *et al.*, 2006). En este sentido, los resultados del presente estudio sugieren que el complejo cenagoso Juan Gómez

Dolores atraviesa un estado de degradación de sus componentes tróficos, debido a que la mayoría (58 %) de las especies encontradas son omnívoras, con capacidad de consumir la poca oferta de alimento de buena calidad existente (Karr, 1987; Munguía *et al.*, 2007; Pinto y Araújo, 2007). Igualmente, la pobre representación de carnívoros en el ecosistema, indica que hay baja oferta de presas y que probablemente este gremio trófico también ha sido sobre-explotado, lo cual ha producido su reemplazamiento gradual por otras especies de menor nivel trófico (Pauly; *et al.*, 1998; Pennino *et al.*, 2011).

En relación con el análisis de la condición ecológica y ambiental de este humedal, para futuros estudios se sugiere evaluar la integridad ecológica del ecosistema, mediante el uso de Índices de Integridad Biótica (IBI), como el propuesto por Karr (1981), ajustado para las zonas tropicales por Velásquez y Vega (2004), el cual puede ser de gran utilidad al momento de identificar impactos ambientales en los ecosistemas acuáticos (Cury *et al.*, 2005; Tamara *et al.*, 2019).

Las anteriores consideraciones ponen de manifiesto la necesidad de implementar medidas de manejo ecológico y ambiental rápidas y eficaces en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores, que permitan la recuperación del componente íctico, lo cual se puede lograr mediante el desarrollo de acuerdos de pesca con las comunidades que habitan en la zona, la reintroducción de especies típicas del ecosistema y la optimización en el manejo de las compuertas que mantienen a este humedal en aislamiento parcial del ciclo hidrológico regional (CAF y TNC, 2009). Igualmente se sugiere a las autoridades ambientales del departamento de Bolívar, implementar un programa de monitoreo y control ambiental en las zonas periféricas del complejo cenagoso, a fin de reducir los impactos ambientales a los que está sometido el ecosistema.

Conclusiones

La fauna íctica reportada en el complejo cenagoso Juan Gómez Dolores corresponde a la típica de ecosistemas superficiales de agua dulce en el neotrópico, conformada por los grupos de peces más comunes, es decir, especies pertenecientes a los órdenes Characiformes, Siluriformes y Cichliformes. Además, se presentan bajos valores de diversidad y equidad y un valor relativamente alto de dominancia, debido básicamente a especies omnívoras.

El complejo cenagoso Juan Gómez Dolores atraviesa un estado potencial de degradación de la base alimentaria de los peces,

principalmente de productores secundarios, lo cual podría estar relacionado con diferentes procesos de origen natural y antrópico, tales como la falta de movimiento y recambio del agua en el sistema, lo que facilita la sedimentación y colmatación de materia orgánica de origen vegetal, proceso que impacta de manera negativa la sostenibilidad de las poblaciones ícticas del complejo cenagoso, en el mediano y largo plazo.

Agradecimiento

Al biólogo Mario Olaciregui, por su apoyo durante la colecta e identificación de los especímenes. JVV agradece a Colciencias por el apoyo brindado a través del Programa Nacional de Formación Doctoral, Convocatoria 647-2014.

Referencias

- Arango-Rojas, A., Jiménez-Segura, L., Palacio-Baena, J. 2008. Variación espacio-temporal de la asociación de especies de peces en la laguna de cachimbero, un humedal en la cuenca media del río Magdalena, Colombia. *Actualidades Biológicas* 30 (89): 161-169.
- Avendaño, C. y Ramírez, N. 2017. Spatial and temporal variation of fish assemblage associated with aquatic macrophyte patches in the littoral zone of the Ayapel Swamp Complex, Colombia. *Acta Limnologica Brasiliensis* 29: e3. Doi: <https://doi.org/10.1590/s2179-975x6016>.
- Bastian M., Heymann S. y Jacomy M. 2009. *Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks*. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.
- Bond N., Balcombe S., Crook D., Marshall J., Menke N., Lobegeiger J. 2015. Fish population persistence in hydrologically variable landscapes. *Ecological Applications* 25 (4): 901-913. Doi: <https://doi.org/10.1890/14-1618.1>.
- Borgwardt, F., Robinson, L., Trauner, D., Teixeira, H., Nogueira, A., Lillebo, A., Areval, J. 2019. Exploring variability in environmental impact risk from human activities across aquatic ecosystems. *Science of the Total Environment* 652: 1396-1408. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.339>.
- CAF y TNC. 2009. Plan de Manejo del Sistema Lagunar Juan Gómez – Dolores y posible zona de ampliación del Santuario de Flora y Fauna El Corchal "El Mono Hernández. Parques Nacionales Naturales de Colombia Dirección Territorial Caribe Santuario de Fauna y Flora El Corchal Mono Hernández, Cartagena.

- Collier, C., de Almeida, M., de Almeida, G., Rosa, J., Severi, W. y El Deir, A. 2019. Effects of anthropic actions and forest areas on a neotropical aquatic ecosystem. *Science of The Total Environment* 691: 367-377. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.122>.
- Colwell, R. K. y Elsensohn, J. E. (2014). EstimateS turns 20: statistical estimation of species richness and shared species from samples, with non-parametric extrapolation. *Ecography* 37(6): 609-613. Doi: <https://doi.org/10.1111/ecog.00814>.
- Covain, R. y Fisch, S. 2007. The genera of the Neotropical armored catfish subfamily Loricariinae (Siluriformes: Loricariidae): a practical key and synopsis: Department of herpetology and ichthyology, Museum of natural history. *Zootaxa* 1642: 1-40. Doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.1462.1.1>.
- Cury, P., Shannon, L., Roux, J., Daskalov, G., Jarre, A., Moloney, C., Pauly, D. 2005. Trophodynamic indicators for an ecosystem approach to fisheries. *ICES Journal of Marine Science* 62(3): 430-442.
- Dahl, G. 1971. *Los peces del Norte de Colombia*. Inderena. Bogotá.
- Eigenmann, C. 1922. The fishes of Northwestern South America, Part I. The freshwater fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panamá, and the Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with an appendix upon the fishes of the Río Meta in Colombia. *Memoria Carnegie Mus* 9 (1): 1-346.
- Eloranta, A., Kahilainen, K., Amundsen, P., Knudsen, R., Harrod, C., Jones, R. 2015. Lake size and fish diversity determine resource use and trophic position of a top predator in high-latitude lakes. *Ecology and Evolution* 5(8): 1664-1675. Doi: <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ece3.1464>.
- Géry, J. 1977. Characoids of the World. T.F.H. Neptuno. USA. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie* 65 (6): 672.
- Karr, R.J. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6 (6): 21-27. Doi: [https://doi.org/10.1577/15488446\(1981\)006<0021:A0BIUF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/15488446(1981)006<0021:A0BIUF>2.0.CO;2).
- Karr, R.J. 1987. Biological monitoring and environmental assessment: a conceptual framework. *Environmental Management* 11(2): 249-256. <https://doi.org/10.1007/BF01867203>.
- Lee, S., Lee, E. y An, K. 2018. Lotic Ecosystem Health Assessments Using an Integrated Analytical Approach of Physical Habitat, Chemical Water Quality, and Fish Multi-Metric Health Metrics. *Polish Journal of Environmental Studies* 27(5). <https://doi.org/10.15244/pjoes/78044>.
- Lowe-McConnell, R. 1995. *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press., New York, USA.
- Maldonado, J., Ortega-Lara, A., Usma O., Galvis V., Villa F., Vásquez G., Prada, S. y Ardila R., 2005. Peces de los Andes de Colombia. Instituto de investigaciones de recursos biológicos Alexander Von Humboldt. Bogotá, D.C.
- Maldonado J. y Usma, J. 2006. Estado del Conocimiento sobre peces dulceacuícolas de Colombia. En: Chaves, M.E. y Santamaría, M. Editores. 2006. *Informe Nacional sobre el avance en el conocimiento e información sobre Biodiversidad 1998-2004*.
- Maldonado-Ocampo, J., Vari, R. y Usma, J. 2008. Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana* 9 (2): 143-237.
- Marín, C. y Aguirre, N. 2014. Interacciones tróficas y productividad íctica en el sistema cenagoso de Ayapel, Córdoba, Colombia. Doctoral dissertation, Tesis doctoral. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
- Mateus, F. y Caicedo, Y. 2016. Efecto de la transformación del paisaje sobre la prestación del servicio ecosistémico de provisión de hábitat del humedal "el tunjo" (Bogotá – Colombia), de 1940 a 2014. Disponible en: <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/541/1/Tesis%20Humedal%20el%20tunjo%20IGA.pdf>. Consultado: 25 de mayo de 2020.
- Miles, C. 1947. Los peces del río Magdalena. Ed. El Gráfico. Bogotá, Colombia.
- Mojica-Figueroa B. y Díaz-Olarte, J. 2016. Comunidad de peces de la ciénaga de Paredes, Magdalena medio, Santander (Colombia) y su asociación con variables espacio temporales y ambientales. *Biota Colombiana* 17 (1).
- Morales, J. y García-Alzate, C. 2018. Ecología trófica y rasgos ecomorfológicos del pez *Triporthus magdalenae* (Characiformes: Triporthidae) en el embalse El Guájaro, río Magdalena, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 66 (3): 1208-1222. Doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30621>.

- Moreno, C. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA.
- Munguía, R., López, R. y Nava, M. 2007. Integridad biótica de ambientes acuáticos. En: Sánchez, O., Herzig, M., Peters E., Nárquez R., Zambrabo L. Editores. *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional de Ecología. México D.F.
- Munkittrick, K., Dixon, D. 1989. A holistic approach to ecosystem health assessment using fish population characteristics. *Hydrobiologia* 188, 123-135. Doi: <https://doi.org/10.1007/BF00027777>.
- Olaya, R., Cusva, A., Lasso, C., Londoño, M. Escobar, M. 2017. Mapeo del servicio ecosistémico de alimento asociado a la pesca en los humedales interiores de Colombia. *Ecología austral*, 27, 123-133. Doi: <https://doi.org/10.25260/EA.17.27.1.1.261>.
- Olivero J. y Jhonson B., 2002. El lado gris de la Minería del oro: La contaminación con mercurio en el norte de Colombia. Universidad de Cartagena, Cartagena, Colombia.
- Pauly, D., Christensen, V., Dalsgaard, J., Froese, R. y Torres, F. 1998. Fishing down marine food webs. *Science* 279 (5352): 860-863. Doi: <https://doi.org/10.1126/science.279.5352.860>.
- Pennino, M., Bellido, J., Conesa D., López, A. 2011. Trophic indicators to measure the impact of fishing on an exploited ecosystem. *Animal Biodiversity and Conservation* 34 (1): 123-131.
- Pinto, B., Carvalho, T., Araújo, F. 2007. Assessing of biotic integrity of the fish community in a heavily impacted segment of a tropical river in Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50 (3): 489-502. Doi: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132007000300015>.
- Posthuma, L., Dyer, S., de Zwart, D., Kapo, K., Holmes, C., Burton, Jr. 2016. Eco-epidemiology of aquatic ecosystems: Separating chemicals from multiple stressors. *Science of the Total Environment* 573: 1303-1319. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.242>.
- Ramírez A. y Viña, G. 1998. Limnología Colombiana: Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. 1ª Ed. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Ríos-Pulgarín, M., Jiménez-Segura, L., Palacio, J., y Ramírez-Restrepo, J. 2008. Comunidad de peces en la ciénaga de Ayapel, río Magdalena (Córdoba) Colombia: cambios espacio-temporales en su asociación. *Actualidades Biológicas* 30 (88) 29-53.
- Rodríguez, D., Coronel J., Amaro A. y Taphorn D. 2006. Línea base para la estimación de la integridad en comunidades de peces en la cuenca del río Tocuyo, vertiente del Caribe Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 165 (66): 63-81.
- Santana M., Sandrini-Neto L., Filipak F., Oliveira C., Di Domenico M., Prodocimo M. 2018. Biomarker responses in fish exposed to polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): Systematic review and meta-analysis. *Environmental Pollution* 242:449-461. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.07.004>.
- Schultz, L. 1944. The catfishes of Venezuela, with descriptions of thirty-eight new forms. *Proceedings of the United States National Museum* 94 (3172): 173 - 338. Doi: <https://doi.org/10.5479/si.00963801.94-3172.173>.
- Solano, D., Segura, F., Olaya, C. 2013. Crecimiento y reproducción de la mojarra amarilla (*Caquetaia kraussii*), (Steindachner, 1878) en el embalse de Urrá, Colombia. *Revista MVZ Córdoba* 18 (2): 3525-3533. Doi: <https://doi.org/10.21897/rmvz.177>.
- Tamara, M., Sampedro, A. y Caraballo, P. 2019. Efecto del nivel del agua sobre la dinámica trófica en un lago de inundación. *Intropica* 14(1): 24-32. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.2871>.
- Universidad del Norte. 2003. Contrato 000137-02: diagnóstico ambiental y evaluación de la administración pesquera; IDEHA-E-063-016-03 (2002): Aspectos socio-económicos y ambientales de las ciénagas del Canal del Dique y de la ecoregión como soporte de la actividad pesquera.
- Velásquez, E. y Vega M. 2004. Los peces como indicadores de del Estado de salud de los ecosistemas acuáticos. *CONABIO Biodiversitas* 57:12-15.
- Valdelamar-Villegas, J. (2018). Apuntes sobre la importancia ecológica, ambiental y social de la arenca *Triportheus magdalenae* (Steindachner, 1878): Un ejemplo de endemismo invisibilizado. *Intropica* 13(2): 152-165. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.2628>.
- Villa-Navarro, F., Acero, A., Cala, P. 2017. Taxonomic review of Trans-Andean species of *Pimelodus* (Siluriformes: Pimelodidae), with the descriptions of two new species. *Zootaxa* 4299(3): 337-360. Doi: <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4299.3.2>.

Juan Carlos Valdelamar-Villegas, Lissy Carolina García-Pacheco, Sonia María Cuadro-Alzamora, José David Torres-Benítez y Cesar Augusto Arciniegas-Suárez

Wester, P., Vethaak A y van Muiswinkel W. 1994. Fish as biomarkers in immunotoxicology. *Toxicology* 86(3):213-232. Doi: [https://doi.org/10.1016/0300-483X\(94\)90005-1](https://doi.org/10.1016/0300-483X(94)90005-1).

Winemiller, K., Agostinho, A., Caramaschi, É. 2008. Fish Ecology in Tropical Streams. En D.B.T.-T.S. E. Dudgeon Editor. *Aquatic Ecology*. Academic Press. San Diego C.A

WWF. 2019. Donde se une el agua y la tierra: Humedales para nuestro futuro. Disponible en:

https://www.wwf.org.co/que_hacemos/campanas/humedales/. Consultado el 18 de noviembre de 2019.

Zubiria, W., Lacayo, A., Acero, A., Narváez J. 2009. Diversidad y abundancia de la ictiofauna de un complejo de lagunas costeras en una reserva natural del Caribe colombiano. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 170: 125-139.

Citar como: Valdelamar-Villegas, J.C. García-Pacheco, L.C., Cuadro-Alzamora, M. Torres-Benítez, J.D. y Arciniegas-Suárez C.A. 2020. Uso de la ictiofauna para la evaluación de la condición ecológica y ambiental de un complejo cenagoso en el Caribe colombiano. *Intropica* 15(2): en prensa. Doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.3553>