

Composición y estructura de la fauna íctica del tramo bajo del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), Caribe colombiano

Composition and structure of fish fauna in the lower section of the Gaira River, Sierra Nevada of Santa Marta (SNSM), in the Colombian Caribbean

Carlos Blanco-Cervantes^{1*}, German Blanco-Cervantes¹ 

Resumen

En las costas Pacífica y Caribe Colombiana desembocan ríos típicos de grandes masas continentales, y a su vez, pequeños arroyos de serranías costeras. En los grandes ríos la diversidad de especies es alta comparada con los arroyos costeros. En contraste, las cuencas de serranías presentan mayor abundancia de especies anfídromas que primarias. En esta investigación se analizó la composición de la fauna íctica del sector bajo del río Gaira de la vertiente Noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM). Los muestreos se realizaron en temporada de lluvias y de sequía con el objetivo de conocer la composición y determinar posibles correlaciones en la estructura, y entre los peces con el sustrato, para lo cual, se emplearon análisis de componentes principales (ACP), y análisis de correspondencia canónica (ACC), entre otros. Se recolectaron 967 individuos, distribuidos en 11 órdenes, 13 familias y 23 especies, de las cuales seis (26,8%) son consideradas netamente de agua dulce, 15 (65,21%) son especies estuarinas, y dos (8,69%) son marinas. El ACP diferenció dos biotopos, remansos y rápidos de corriente, y el ACC mostró que el pH es la variable ambiental de mayor importancia en la distribución de las especies. El cambio de estacionalidad originó variación en el flujo de caudal que afectó la abundancia e incidió en la estructura del hábitat. Esta alteración generó variaciones hidrológicas que se reflejaron en las comunidades de peces en la época seca por la interrupción del flujo de agua entre la parta alta, media y baja del río.

Palabras clave: asociaciones de peces, composición, diversidad, riqueza

Abstract

Typical rivers of large continental masses flow into the Pacific and Caribbean coasts of Colombia, as well as small streams from coastal mountains. In large rivers, the diversity of species is high compared to coastal streams. In contrast, mountain basins present a greater abundance of amphidromous species than primary ones. In this research, the composition of fish fauna of the lower sector of the Gaira River on the Northwestern slope of the Sierra Nevada of Santa Marta (SNSM) was analyzed. Sampling was carried out during the rainy and dry seasons with the objective of determining species composition and possible correlations in species structure, and between the fish and the river substrate. To do so we used principal component analysis (PCA) and Analysis of Canonical Correspondence (ACC), among others. Overall, 967 individuals were collected, which were distributed in 11 orders, 13 families and 23 species, six of which (26.8%) are considered purely freshwater, 15 (65.21%) estuarine species, and two (8.69%) marine. The ACP differentiated two biotopes, backwaters and rapids, and the ACC showed that pH is the most important environmental variable in the distribution of species. The change in seasonality caused variation in the

¹. Grupo de investigación en biodiversidad y ecología aplicada (GIBEA), Programa de Ingeniería Pesquera, Universidad del Magdalena, Colombia.

* Autor de correspondencia: blance849@gmail.com

Recibido: abril 2022; aceptado: octubre 2022.

flow rate that affected the abundance and structure of the habitat. This alteration generated hydrological variations that were reflected in the fish communities during the dry season due to the interruption of the flow of water between the upper, middle and lower parts of the river.

Keywords: composition, diversity, fish associations, richness

INTRODUCCIÓN

En las costas Pacífica y Caribe de Colombia desembocan ríos típicos de grandes masas continentales, y a su vez, pequeños arroyos de serranías costeras. Estos últimos sistemas son semejantes en geomorfología e hidrología a ríos de Mesoamérica y las islas del Caribe en lo reducido de sus cuencas, elevadas pendientes, y en que desembocan directamente al mar sin pasar por grandes planicies y estuarios (Blanco et al., 2013).

La diversidad de especies en los grandes ríos es alta (Mojica, 1999) en proporción con los arroyos de Mesoamérica (Esselman et al., 2006) y las Antillas (Hein et al., 2013). En contraste, las cuencas de serranías son generalmente menos diversas en especies que sus contrapartes continentales y presentan mayor abundancia de especies anfídomas que primarias (Arango-Sánchez et al., 2019; Bolaños-Domínguez, 2015; Castellanos-Galindo et al., 2013; Chinchilla et al., 2002; Guardiola y Torrealbo, 2013; Sánchez-Garcés et al., 2013 en Lasso et al., 2011).

La megadiversidad de Colombia se puede apreciar en la SNSM, la montaña más alta del país y la más alta a la orilla del mar a nivel mundial, que en una extensión de 42 km asciende hasta 5775 m.s.n.m. ocasionando que sus ríos descendan de manera rápida. En este macizo montañoso se encuentran tres vertientes hidrográficas o macro cuencas: la macro cuenca del Caribe, con 18 cuencas, la macro cuenca Occidental, con seis cuencas y la Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) y la macro cuenca Oriental, con 10 cuencas, incluido río Cesar. Estas vertientes conforman más de 30 ríos y un sin número de quebradas y riachuelos, en los que se hallan más de 95 especies de peces, de las cuales un poco más de 20 son exclusivamente de agua dulce, cerca de diez son estuarinas y el resto son marinas, con presencia de peces de características marinas hacia la vertiente Norte (Caribe), de características estuarina hacia la Nororiental (Occidental) y de condición dulceacuícola hacia la Suroriental (Oriental) (Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Prosierra, 2012).

Los aspectos ecológicos de las poblaciones de peces del bosque seco tropical han sido poco documentados, por lo que, determinar las variaciones espaciales y temporales del ensamblaje de peces en estos ecosistemas, es un aspecto necesario para gestionar su protección y conservación (López-Delgado, 2013). En este sentido, López-Delgado (2013) arguye que los ensambles de peces son en gran medida influenciados por las variables ecológicas del hábitat como la luz dentro del agua, la temperatura, corriente, o densidad poblacional, por lo que perturbaciones como la disminución de la calidad del agua, pueden ser determinantes al caracterizar la estructura de los ensambles de peces (en distribución, alimentación, reproducción y comportamiento) (Aguirre-León et al., 2014). También influyen cambios en variables ambientales como salinidad, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y altitud que están fuertemente implicadas en la regulación del tamaño, supervivencia, distribución y estructura de peces tropicales (Ortiz-Arroyave, 2010; Sandoval-Huertas et al., 2014). Además de lo anterior, la heterogeneidad del entorno, es uno de los factores de mayor importancia en ajustar las comunidades ícticas tropicales, incidiendo en la repartición de éstas y en la segregación espacial (Espinoza y Salas, 2005). En los sistemas lóticos los parámetros fisicoquímicos se relacionan con variables físicas, ejemplo de ello es la relación existente entre el flujo de agua y el caudal con la temperatura y pH, las cuales inciden en la repartición y abundancia de las especies y pueden fluctuar a nivel temporal y espacial. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la composición de la fauna íctica presente en el tramo bajo del río Gaira (SNSM), establecer posibles correlaciones en la estructura y entre los peces con el sustrato en las dos épocas climáticas evaluadas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El presente trabajo se llevó a cabo en río Gaira (figura 1) (11°52'06" N-74°11'07" W) correspondiente la vertiente Noroccidental de la SNSM, cu-

chilla San Lorenzo, departamento del Magdalena, Colombia. El río tiene un área de 10.464,3 ha y el curso corre en dirección este a oeste, con una longitud de 32,53 km aproximadamente desde su nacimiento hasta su desembocadura en playa Salguero (área urbana del corregimiento de Gaira) en el mar Caribe (Frayter et al., 2000). La cuenca presenta un régimen hidrológico unimodal, el cual comprende una época seca o de bajas precipitaciones que inicia en diciembre y se extiende hasta abril, seguida de una época de lluvias, desde mayo hasta noviembre. Las precipitaciones dentro del ciclo anual generalmente inician en mayo, luego se presenta un considerable aumento continuo hasta junio, donde las lluvias se mantienen casi constantes hasta julio en la parte media y alta del macizo montañoso, lo cual se puede considerar como una “estabilidad pluviométrica”. En agosto continúa el aumento de las lluvias, y en septiembre se evidencian las mayores precipitaciones del ciclo anual, y un máximo en octubre y noviembre como acontece en gran parte del norte del país (Tamaris-Turizo, 2018).

Estaciones de muestreo

Se seleccionaron cuatro sectores de muestreo en la parte baja del río, el primer sector correspondió a la Desembocadura ($11^{\circ}11'34,1''$ N– $74^{\circ}13'51,5''$ W) donde el río vierte sus aguas al mar Caribe, la poca vegetación ribereña está conformada por arbustos de *Prosopis juliflora* (trupillo) y *Rizophora mangle* (mangle rojo), por lo que la luz solar

penetra directamente, con hábitat de tipo remansos con sustrato constituido por fango, vegetación acuática formada por *Phragmites australis* (carrillo), *Eichhornia crassipes* (tarulla) y *Typha dominiquensis* (enea).

La segunda estación correspondió a Puente Viejo ($11^{\circ}11'11,5''$ N– $74^{\circ}13'19,3''$ W), un hábitat principalmente de remansos, pero con presencia de rápidos sobre un sustrato formado por grava, materia orgánica en descomposición y vegetación acuática. Además, posee vegetación de ribera conformada por bosque de *Senegalia tamarindifolia* (chicho), *Guadua angustifolia* (guadua), *Guazuma ulmifolia* (guazimo), *Muelleria sanctae-marthae* (Macurutú), *Albizia niopoides* (guacamayo) y *Enterolobium clocarpum* (orejero). En este sector existe intervención antrópica, en varios sitios del río se extrae arena lo cual desestabiliza el sustrato, además recibe la descarga de aguas de alcantarilla y desechos orgánicos e inorgánicos de las viviendas aledañas al margen del río manteniendo la zona eutrofizada.

La estación tres, Rancho Hediondo ($11^{\circ}10'37,7''$ N– $74^{\circ}11'0,26''$ W), es un hábitat de rápidos con sustrato de arena gruesa, piedras y materia orgánica. La zona presenta dos biotopos; los remansos con velocidades medias de corriente, y los rabiones, los cuales presentan zonas con rápidos de corrientes y bajas profundidades caracterizadas por sustrato rocoso. En esta zona persiste la intervención antrópica, recibe la descarga de aguas de fincas y viviendas aledañas.

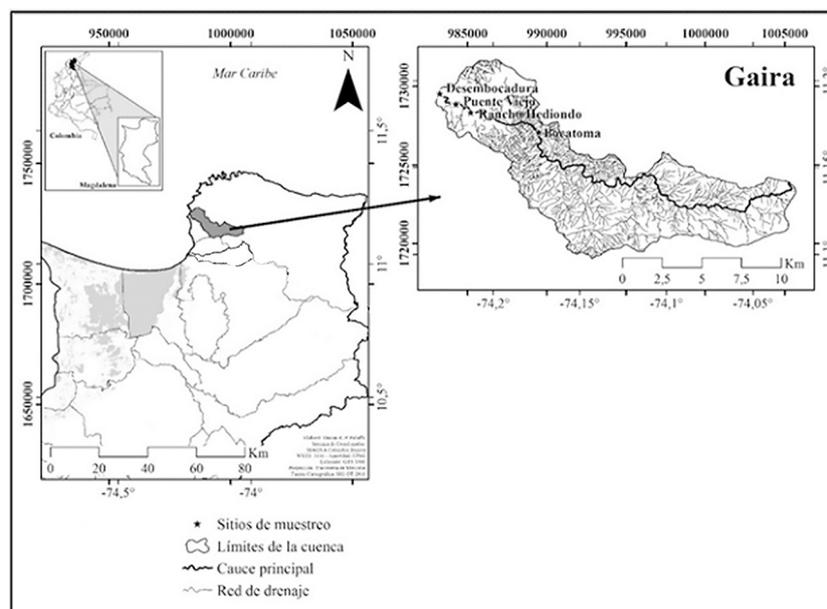


Figura 1. Ubicación del área de estudio con cada uno de los sectores de muestreo en el sector bajo de río Gaira.

Tabla 1. Promedios y desviación estándar de los parámetros y variables fisicoquímicas medidas en río Gaira

Variables	Desembocadura		Puente viejo		Rancho Hediondo		Bocatoma	
	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía
Temperatura °C	27,1 ± 0,1	29,6 ± 0,3	25,9 ± 0,07	25,4 ± 0,08	25 ± 0,20	24,6 ± 1,12	25,1 ± 0,15	24,2 ± 0,12
pH	6,67 ± 1,15	6,85 ± 0,057	6,6 ± 0,04	6,92 ± 0,05	7,07 ± 0,103	7,2 ± 0,05	7,1 ± 0,081	7,3 ± 0,050
Conductividad µS/cm	127 ± 14,25	135,3 ± 1,48	77,2 ± 10,13	110,2 ± 9,80	109 ± 0,31	80,2 ± 10,83	102, ± 0,09	85,3 ± 0,129
Oxígeno mg/l	6,52 ± 0,05	6,4 ± 0,08	6,1 ± 0,238	6,45 ± 0,03	6,38 ± 0,15	6,82 ± 0,08	6,8 ± 0,07	7,01 ± 0,47
Velocidad m/s	0,55 ± 0,009	0,75 ± 0,004	0,51 ± 0,05	0,7 ± 0,05	0,49 ± 0,005	0,71 ± 0,008	0,45 ± 0,008	0,69 ± 0,009
Caudal cm³/s	4,25 ± 0,04	4,65 ± 0,009	3,42 ± 0,12	4,46 ± 0,005	3,25 ± 0,005	3,82 ± 0,01	1,3 ± 0,02	3,29 ± 0,008
Ancho m	30,6 ± 0,12	27 ± 0,21	10,40 ± 0,009	9,6 ± 0,05	17,8 ± 0,17	15,1 ± 0,12	15,8 ± 0,17	14 ± 0,17
Profundidad cm	105,00 ± 0,19	100 ± 0,15	90 ± 0,19	70 ± 0,096	60 ± 0,57	45 ± 0,22	81 ± 0,54	60 ± 1,057

Finalmente, en la Bocatoma, la cuarta estación (11°10'0,85" N-74°10'24,0" W), al igual que en la estación tres, dominan los rápidos, el sustrato conformado por arena gruesa y piedras. La zona presenta hábitats de remansos con bajas velocidades de corriente, zonas con rápidos y bajas profundidades caracterizadas por sustrato rocoso, además en el sector existen muchos balnearios turísticos y se capta agua para el acueducto del corregimiento de Gaira.

Se realizaron cuatro muestreos (dos veces por mes) en temporada lluviosa (junio-noviembre de 2017) y en temporada de sequía (diciembre de 2017- abril de 2018). Estos se realizaron entre las 07:00 y las 15:00 horas, efectuándose en hábitats como remansos y rápidos, y en diferentes sustratos como limo, arena, grava (<3 cm), cantos rodados o guijarros (3-11 cm), piedras (11-25 cm), rocas (>26 cm) escombros, materia orgánica en descomposición y vegetación acuática. Para recolectar los peces se realizaron 30 lances por estación de muestreo con dos atarrayas de ojos de malla de 1 y 2 cm de diámetro respectivamente, y una red de arrastre de cuatro metros con ojo de malla de un centímetro de diámetro, arrastrando ésta de orilla a orilla del río. Los muestreos con atarraya y red de arrastre se realizaron en una longitud de unos 200 metros aproximadamente (100 m río arriba y río abajo). Posterior a las capturas, se midieron parámetros fisicoquímicos del agua como pH, conductividad, oxígeno disuelto y temperatura con multiparámetro TW. La profundidad media, el caudal y ancho del río se midió con una cinta métrica, mientras que la velocidad de la corriente por medio del método del flotador (Castro, 2009). Los peces recolectados se depositaron en frascos con formalina al 10% para transportarlos al laboratorio de Biología

y Fisiología Animal de la Universidad del Magdalena para su posterior identificación.

Identificación y procesamiento de los individuos

Los peces preservados en formalina al 10% se pasaron a una solución de alcohol del 70% y fueron identificados con claves de Dahl (1971), la actualización de Fricke et al., (2021), Maldonado-Ocampo et al., (2005), y Nelson et al., (2016). Luego se trasladaron a la planta piloto pesquera de la Universidad del Magdalena ubicada en el corregimiento de Taganga (Santa Marta,) para su conservación.

Análisis estadísticos

La representatividad del muestreo fue evaluada estimando el número de especies esperadas por medio de la curva de acumulación de especies, empleando los estimadores Chao 1, ACE y Cole mediante el programa EstimateS 9.0 (Colwell, 2013).

Abundancia relativa (AR%)

La abundancia relativa se determinó a partir del número de individuos recolectados de cada especie con respecto al número total de individuos de la muestra. Este parámetro fue calculado con el fin de determinar la importancia y proporción en la cual se encuentra cada una de las especies con respecto a la comunidad en las diferentes estaciones de muestreo. El análisis se realizó a partir de la siguiente fórmula:

$$AR = (n_i / N) \times 100$$

Donde: AR= Abundancia relativa de la especie 1
 n_i =el número de individuos capturados de la especie.

N=el número total de individuos capturados.

Distribución de abundancias

Con base en la presencia y abundancia de cada especie en los sitios de muestreo, se estimó la frecuencia de aparición y se verificó su ajuste a los modelos teóricos de abundancia serie geométrica, serie log-normal y vara quebrada MacArthur (Moreno, 2001). Para determinar cuál de estos modelos explicó mejor la distribución de los datos, se utilizó la prueba de bondad de ajuste Chi².

Estructura de la comunidad de peces y el hábitat

Con el fin de conocer la relación entre la presencia de peces y el tipo de sustrato, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Para lo anterior, se construyó una matriz teniendo en cuenta la presencia (uno) y ausencia (cero) de algunos componentes como: rocas, piedras, guijarros, grava, arena gruesa, arena fina, limo y materia orgánica en descomposición (hojarasca), en cada estación de muestreo y luego se realizó un análisis de correspondencia canónica (ACC). Todos los análisis multivariados fueron realizados con el programa estadístico Past-Program® 3.0 (Hammer et al., 2001). Posteriormente se hallaron los índices de composición del sustrato (S) y complejidad estructural de hábitat, según Winemiller et al., (2008) los cuales estandarizaron el índice (S) por medio de la siguiente formula:

$$S = \frac{\sum x_i}{N}$$

Donde S es el índice de composición del sustrato y complejidad estructural del hábitat, x_i representa cada uno de los componentes del sustrato y estructura del hábitat por cada estación de muestreo, y N representa el número de componentes combinados o estructura del hábitat observado en las estaciones de muestreo. Los valores cercanos a 0 indican mínima complejidad y cercanos a 1 máxima complejidad.

Para medir la diversidad a nivel espacial, se hallaron los números efectivos de especies o números de Hills, a través de la ecuación denominada ^qD (Jost, 2006):

$${}^qD = \left(\sum_{i=1}^s P_i^q \right)^{\frac{1}{1-q}}$$

Donde ^qD es la diversidad. El exponente q determina la sensibilidad del índice a las abundancias relativas de las especies y tiene tres componentes, la diversidad del orden cero (q = 0), el cual es insensible a las abundancias de las especies, cuyo valor es el equivalente a la riqueza de especies; la diversidad de orden 1 (q = 1) que incluye a todas las especies con un peso exactamente proporcional a su abundancia en la comunidad y tiene en cuenta las especies comunes, y los valores de q mayores a 1 (q = 2), tiene más en cuenta las especies dominantes (Hill, 1973). Lo anterior se halló con el programa estadístico PRIMER + 6 versión 1.0.1 (Clarke y Warwick, 2006).

Para determinar si existía diferencia estadística significativa a nivel espacial y temporal en la diversidad, tanto en los sectores de muestreo, como en las épocas evaluadas, y entre parámetros fisicoquímicos, se aplicó una ANOVA de Friedman posterior a una Tukey. Se realizó esta prueba debido a que los datos no cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, estos fueron evaluados con la prueba de Shapiro-Wilk utilizando el paquete estadístico Past-Program® 3.0 (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS

Variables fisicoquímicas

Las características físicas de las estaciones en época de lluvias mostraron que el lecho del río fue más ancho (30,6 m), profundo (105 cm) y más caudaloso (4,25 cm³/s) en la Desembocadura (tabla 1), menos ancho (16 m) y caudaloso (1,3 cm³/s) en la Bocatoma y menos profundo (45 m) en Rancho Hediondo. La velocidad de la corriente fue mayor en la Bocatoma (0,45 m/s) y menor en la Desembocadura (0,55 m/s). En temporada de bajas precipitaciones la cuenca siguió siendo más ancha (27 m), profunda (100 cm) y caudalosa (4,65 cm³/s) en la Desembocadura. El menor ancho se registró en Puente Viejo (9,6 m), la menor profundidad en Rancho Hediondo (45 cm), y el menor caudal en la Bocatoma (3,29 cm³/s). La ANOVA de Friedman y la prueba de Tukey no mostraron diferencias significativas entre ninguno de los parámetros físicos medidos (p>0,05).

Respecto a las variables fisicoquímicas, en temporada de lluvias la Desembocadura presentó altos valores de temperatura (27,1 °C), conductividad (127 µS/cm), pero menor oxígeno disuelto (6,5 mg/l). La Bocatoma presentó bajos valores de temperatura (25 °C); conductividad (102,7 µS/cm), altos valores de oxígeno disuelto (6,8 mg/l), y un pH básico. En temporada seca los valores de temperatura (29,6 °C) y conductividad (135,4 µS/cm) también fueron mayores en la Desembocadura; el oxígeno disuelto mayor en la Bocatoma (7,0 mg/l), y pH básico en todas las estaciones. La ANOVA de Friedman y la Tukey mostraron diferencias estadísticas significativas en el pH ($p < 0,05$) durante las temporadas de lluvias y sequía en el tramo bajo del río.

Representatividad del muestreo

El número de especies observadas, en río Gaira para los periodos climáticos fue de 23 (figura 2) que correspondió al 95% del valor esperado según el estimador de riqueza Chao 1, ACE y Cole; la curva de singletons mostró tendencia a descender y la de doubletons un comportamiento asintótico, indicando una buena representatividad del muestreo.

Composición de la comunidad íctica

Se capturó un total de 967 individuos, 699 en temporada de lluvias y 268 en temporada seca distribuidos en 11 órdenes, 13 familias y 23 especies (tabla 2), de las cuales seis especies (26,08%) son

consideradas netamente de agua dulce, 15 (65,21%) son especies estuarinas y dos (8,69%) son especies marinas que ingresan a sistemas lóticos costeros. Durante la temporada de lluvias se capturaron ocho órdenes, 11 familias y 20 especies, mientras que en la temporada seca siete órdenes, 12 familias y 16 especies. De las especies capturadas se reporta una exótica (*Oreochromis niloticus*), y a *Joturus pichradi* en la Bocatoma que está por debajo de los 200 m.s.n.m. La ANOVA de Friedman y la prueba de Tukey no mostraron diferencias significativas para el número de especies ($p > 0,05$), pero sí para el número de individuos ($p < 0,05$) en las dos temporadas estudiadas. Por otra parte, se capturaron más organismos estuarinos en temporada de lluvias (15 especies, 72%) que en temporada seca (seis especies, 12%).

La abundancia relativa de las especies varió entre temporadas. La mayor abundancia relativa de especies en temporada de lluvias (tabla 3), la presentaron *Dajaus monticola* (0,42), *Psalidodon fasciatus* (0,27), *Hemibrycon jabonero* (0,09) y *Andinoacara latifrons* (0,08). Mientras en época seca (tabla 4) lo fueron, *P. fasciatus* (0,64), *D. monticola* (0,11), *Mugil incilis* (0,10) y *A. latifrons* (0,03). No se hallaron diferencias significativas entre los sectores de muestreo en el río en temporada de lluvias ($p > 0,05$) ni en temporada seca ($p > 0,05$). La especie con mayor abundancia en las dos temporadas climáticas fue *P. fasciatus* con 332 individuos (37%), siendo Rancho Hediondo, con 172 individuos, el que aportó la mayor abundancia (51,80%).

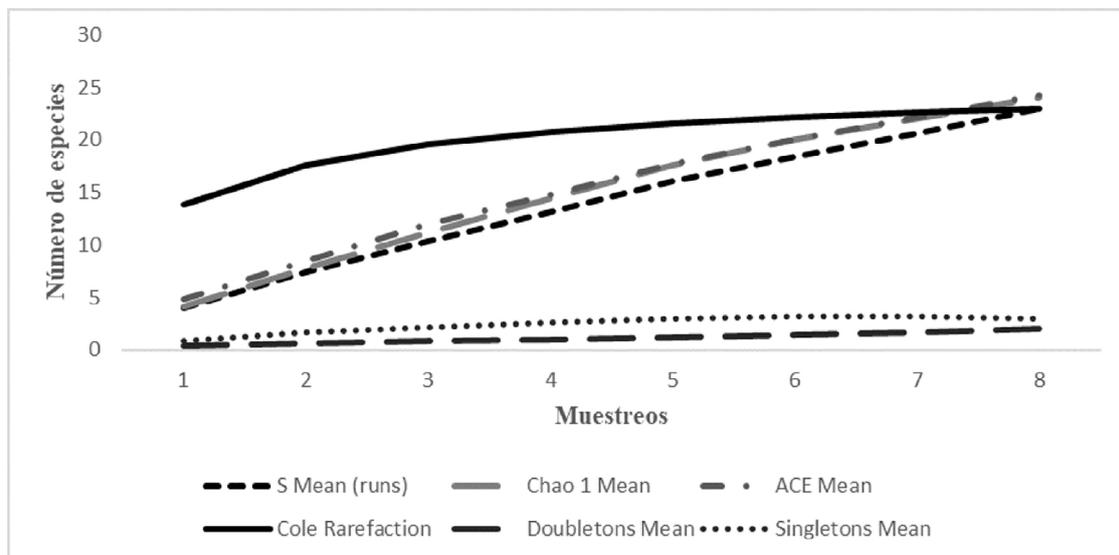


Figura 2. Representatividad del muestreo según los estimadores de riqueza Chao 1, ACE y Cole al 97%.

Tabla 2. Composición y abundancia de la fauna íctica del sector bajo del río Gaira

Orden	Familia	Especies	Hábitat	Abundancias	
				Lluvia	Sequía
Characiformes	Characidae	<i>Psalidodon</i> sp. (Cuvier, 1819)	Dulce	146	170
		<i>Hemibrycon jabonero</i> (Schultz, 1944)	Dulce	57	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Andinoacara latifrons</i> (Steindachner, 1878)	Dulce	18	10
		<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	Dulce	8	0
		<i>Caquetaia kraussii</i> (Steindachner, 1878)	Dulce	2	0
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Sicydium antillarum</i> (Ogilvie-Grant, 1884)	Estuarina	17	0
		<i>Awaous banana</i> (Valenciennes, 1837)	Estuarina	27	5
	Eleotridae	<i>Eleotris amblyopsis</i> (Cope, 1871)	Estuarina	4	2
		<i>Eleotris pisonis</i> (Gmelin, 1789)	Estuarina	16	4
Carangiformes	Carangidae	<i>Gobiomorus dormitor</i> (Günther, 1859)	Estuarina	14	0
		<i>Caranx</i> sp.	Marino	3	2
Perciformes	Centropomidae	<i>Centropomus undecimalis</i> (Bloch, 1792)	Marino	0	4
	Heamulidae	<i>Pomadasys croco</i> (Cuvier, 1830)	Estuarina	5	2
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Mugil curema</i> (Valenciennes, 1836)	Estuarina	32	8
		<i>Mugil incilis</i> (Hancock, 1830)	Estuarina	25	28
		<i>Dajaus monticola</i> (Bancroft, 1834)	Estuarina	254	29
		<i>Joturus pichardi</i> (Poey, 1860)	Estuarina	1	0
Cyprodontiformes	Poeciliidae	<i>Poecilia caucana</i> (Steindachner, 1882)	Dulce	19	0
Clupeiformes	Engraulidae	<i>Anchova</i> sp.	Estuarina	4	1
Elopiformes	Megalopidae	<i>Megalops atlanticus</i> (Valenciennes, 1847)	Estuarina	12	1
Plauronectiformes	Achiridae	<i>Achirus lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	Estuarina	0	1
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Pseudophallus mindii</i> (Mee y Hildebrad, 1923)	Estuarina	2	0
		<i>Microphis Brachyurus</i> (Bleeker, 1854)	Estuarina	0	1

Distribución de abundancias

La distribución de abundancias de las comunidades de peces (figura 3), se ajustaron a los modelos serie geométrica en las estaciones Desembocadura ($\text{Chi}^2 = 8,18 - p = 0,06$), Rancho Hediondo ($\text{Chi}^2 = 0,55 - p = 0,75$) y Bocatoma ($\text{Chi}^2 = 8,75 - p = 0,11$). Puente viejo al modelo log-normal ($\text{Chi}^2 = 1,3 - p = 0,51$).

Estructura del río

Según el ACP entre peces y el tipo de sustrato en temporada de lluvias (figura 4A), el 72,36% de la varianza lo explicaron dos componentes. El componente 1 (eje X) aportó el 47,87% de la variabilidad, siendo limo, materia orgánica, vegetación acuática y arena fina como los más importantes. Especies como *Mugil curema*, *M. incilis*, *O. niloticus*, *A. latifrons*, *Eliotris amblyopsis*, *Eliotris pisonis*, *Caranx* sp., *P. fasciatus*, *H. jabonero*,

Pseudophallus mindii, *Poecilia caucana*, *Megalops atlanticus* y *Anchova* sp. se asociaron a estos microhábitats. El componente dos (eje Y) explicó el 24,9%, siendo arena gruesa, piedras y rocas, los de mayor incidencia. A estos microhábitats se asociaron *Sicydium antillarum*, *Awaous banana*, *D. monticola* y *J. pichardi*.

A su vez, en temporada seca (figura 4B), el 77,13% de la varianza también lo explican dos componentes, el componente 1 (eje X) explica el 49,43% de la variabilidad, arena fina, limo, vegetación acuática y materia orgánica los más importantes, especies como *E. pisonis*, *M. curema*, *M. incilis*, *Microphis brachyurus*, y *A. latifrons* se asociaron a este componente. El componente 2 (eje Y), explica el 27,7% de la variabilidad, apareciendo piedras y rocas como los más importantes, *D. monticola*, *A. banana*, y *M. atlanticus* se asociaron a estos microhábitats.

De acuerdo con el ACC en temporada de lluvias

Tabla 3. Abundancia total, abundancia relativa y categoría de las especies capturadas en el sector bajo de río Gaira en época de lluvias

Especies	Abundancia Total	Abundancia Relativa	Categoría
<i>P. fasciatus</i>	110	16,59	Poco común
<i>H. jabonero</i>	57	8,5	Escaso
<i>A. latifrons</i>	53	7,9	Escaso
<i>O. niloticus</i>	3	0,4	Escaso
<i>C. kraussi</i>	1	0,1	Escaso
<i>S. antillarum</i>	28	4,2	Escaso
<i>A. banana</i>	27	4	Escaso
<i>E. pisonis</i>	16	2,4	Escaso
<i>G. dormitor</i>	4	0,6	Escaso
<i>Caranx</i> sp.	3	0,4	Escaso
<i>P. croco</i>	5	0,75	Escaso
<i>M. curema</i>	32	4,8	Escaso
<i>M. incilis</i>	25	3,7	Escaso
<i>D. monticola</i>	254	38,3	Abundante
<i>P. caucana</i>	19	2,8	Escaso
<i>Anchova</i> sp.	4	0,6	Escaso
<i>A. lineatus</i>	2	0,3	Escaso
<i>M. atlanticus</i>	12	1,8	Escaso
<i>M. brachyurus</i>	1	0,1	Escaso
<i>J. pichardi</i>	1	0,1	Escaso

(figura 5A) el 92,22% de la varianza acumulada en el triplot de especies y parámetros físicoquímicos es explicado por los primeros componentes. El componente 1 (eje X) aporta el 63,19% de la variabilidad, mientras que el componente 2 (eje Y) el 29,03%. Los valores de correlación indican que el oxígeno disuelto (eje X, 0,92%) y el pH (0,34%) son las variables ambientales de mayor relevancia e incidencia en la distribución de las especies. A su vez, la profundidad (0,97%), el pH (0,5%) y el oxígeno disuelto (0,3%) registraron los valores más alto en el componente 2 (eje Y). La composición de la ictiofauna estuvo relacionada inversamente con el oxígeno disuelto, y el pH, solamente *P. fasciatus*, *H. jabonero*, *D. monticola*, *A. banana*, *M. atlanticus* y *P. caucana* mostraron preferencia por estas variables. *P. fasciatus*, *H. jabonero*, *S. antillarum*, *J. pichardi* y en menor medida *O. niloticus*, *M. incilis*, *Caranx* sp., y *Anchova* sp. mostraron preferencia por la profundidad y la conductividad. La dirección de los vectores (oxígeno disuelto, pH y profundidad) fue casi perpendicular, indicando que los efectos de estos factores sobre los ensamblajes de peces son independientes.

En temporada de sequías (figura 5B), el 96,99% de la varianza acumulada en el triplot de especies y parámetros físicoquímicos lo explican dos componentes. El componente 1 (eje X) aporta un 75,56% de la variabilidad, y el componente dos (eje Y) el 21,43%. Los valores de correlación mostraron que el pH es la variable ambiental de mayor incidencia en la distribución de las especies (eje X, 0,64%). La composición de la ictiofauna estuvo relacionada de forma negativa con el pH, sólo las especies como *P. fasciatus*, *A. latifrons*, *M. atlanticus* y en menor cantidad *A. banana* mostraron preferencia por esta variable.

Diversidad de especies

La diversidad de especies ⁰D a nivel espacial determinó que en temporada de lluvias, Puente Viejo (20 spp.) y la Desembocadura (9 spp.) presentaron la mayor riqueza. A partir del número de especies típicas o comunes (¹D), la Desembocadura (6 spp.) y Puente Viejo (8 spp.) arrojaron altos valores, mientras que Rancho Hediondo (5 spp.) y la Bocatoma (3 spp.), los más bajos; con respecto al

Tabla 4. Abundancia total, abundancia relativa y categoría de las especies capturadas en el sector bajo de río Gaira en época seca

Especies	Abundancia Total	Abundancia Relativa	Categoría
<i>P. fasciatus</i>	170	63,9	Muy abundante
<i>H. jabonero</i>	1	0,37	Escaso
<i>A. latifrons</i>	10	3,75	Escaso
<i>A. banana</i>	5	1,87	Escaso
<i>E. pisonis</i>	4	1,5	Escaso
<i>Caranx</i> sp.	5	1,87	Escaso
<i>M. curema</i>	8	3	Escaso
<i>M. incilis</i>	28	10,5	Poco común
<i>D. monticola</i>	29	10,9	Poco común
<i>A. lineatus</i>	1	0,37	Escaso
<i>M. atlanticus</i>	1	0,3	Escaso
<i>M. brachyurus</i>	2	0,7	Escaso
<i>E. amblyopsis</i>	2	0,7	Escaso
<i>P. mindii</i>	2	0,3	Escaso

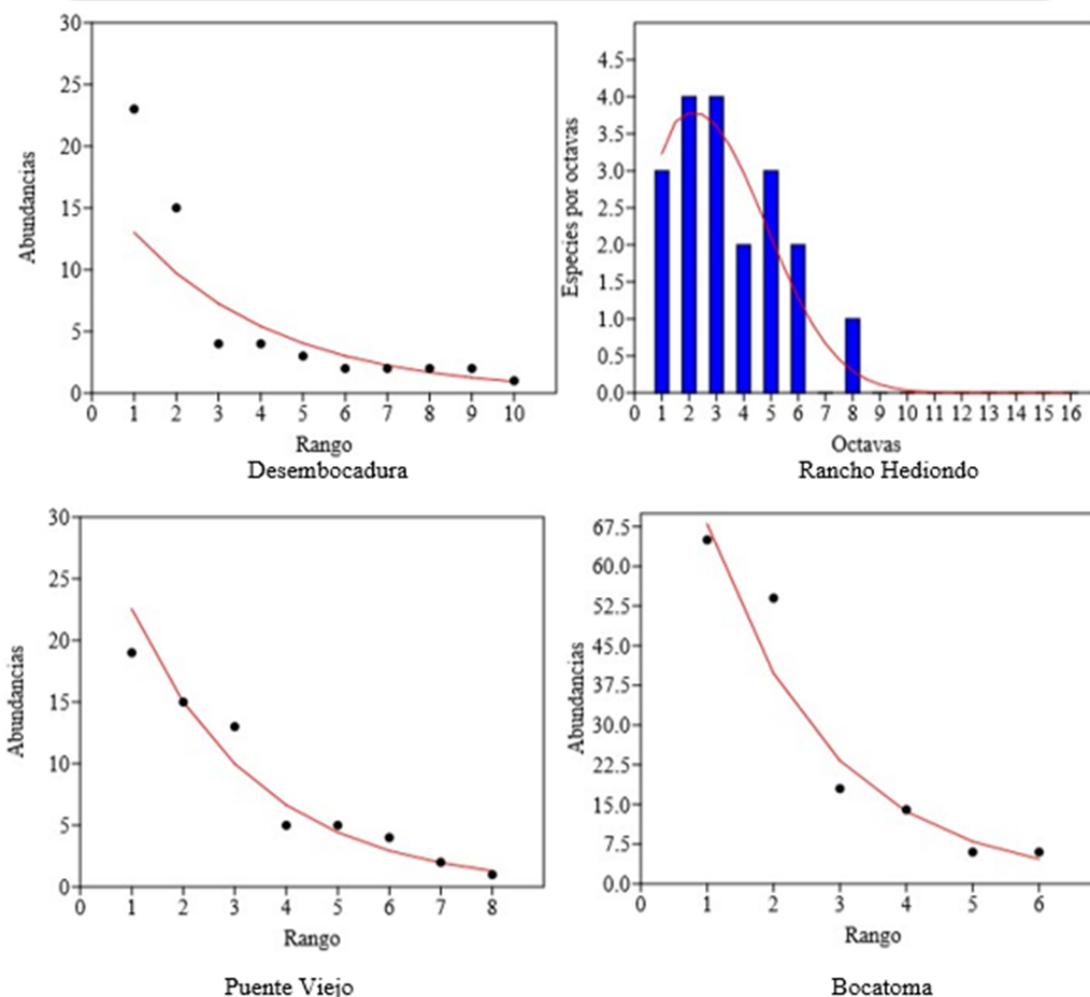


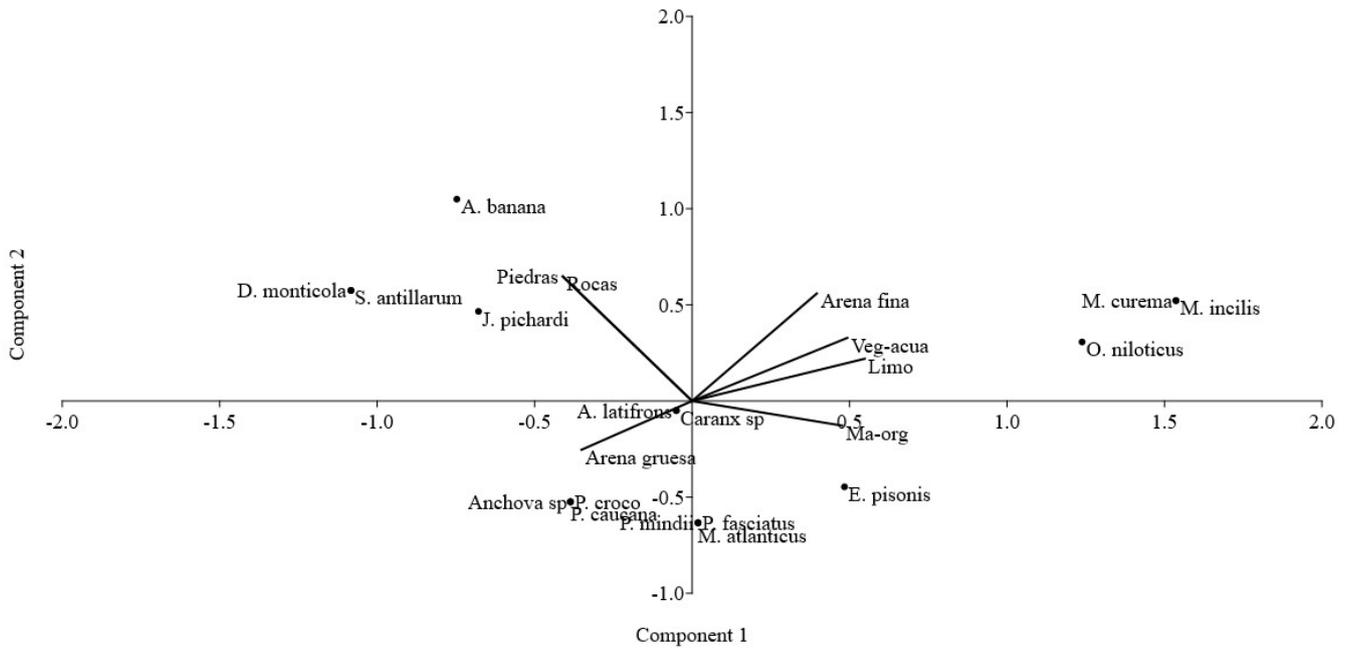
Figura 3. Modelos de distribución de las comunidades de peces en términos de la abundancia por sectores de muestreo en el sector bajo de río Gaira.

número de especies dominantes (²D), Puente Viejo (2 spp.) presentó el mayor número.

En época de sequía se determinó que la Desembocadura

(7 spp.) y Puente Viejo (12 spp.), presentaron la mayor riqueza de especies. El mayor número de especies típicas o comunes las presentaron la Desembocadura (6 spp.) y Puente Viejo (5 spp.) y

A.



B.

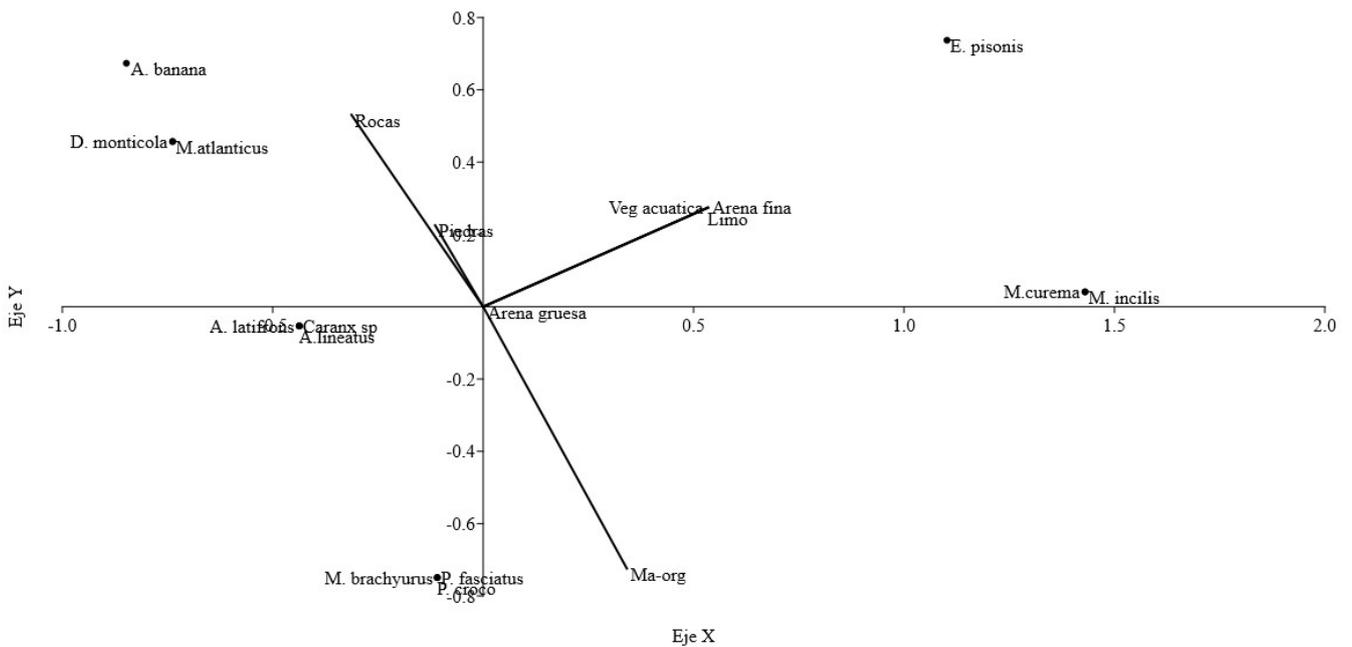


Figura 4. Análisis de Componentes Principales entre la presencia de peces y el tipo de sustrato en temporada de lluvias (A), y en temporada seca (B) en el sector bajo del río Gaira.



en cuanto al número de especies dominantes Puente Viejo presentó el mayor número (2 ssp.). La ANOVA de Friedman y la Tukey no mostraron diferencias estadísticas en el número efectivo de especies en los órdenes 0 ($q=0$), 1 ($q=1$), y 2 ($q=2$) entre estaciones de muestreo ($p>0,05$), ni entre las dos épocas climáticas evaluadas.

DISCUSIÓN

El número de especies identificadas en esta investigación representan el 26,6% de las especies descritas para ríos de la SNSM. Sin embargo, en este estudio se reportan más especies que en los trabajos realizados en ríos del Parque Nacional Natural Tayrona por Bolaños-Domínguez (2015), Galvis (1996) en el parque SNSM, a los obtenidos por Guardiola y Torrealbo (2013), Lasso et al., (2015), y López y Pulido (2002). No obstante, difieren con lo reportado por Blanco-Cervantes y Blanco-Cervantes (2022) en río Córdoba, quienes reportan 27 especies, con mayor abundancia de las especies dulceacuícolas que las estuarinas y marinas.

En esta investigación la familia Characidae con el 76,48% de las capturas presentó la mayor abundancia. Los resultados son congruentes con obtenido por Espinoza (2007), Espinoza (2008), Esselman et al., (2006) y Trujillo et al., (2010), quienes reportan a individuos de ésta familia como las más dominantes y con extensa distribución en ríos y quebradas de Centro América y México, lo que indicaría una mayor diversidad de esta familia dentro de los Characidos. Por su parte, Maldonado-Ocampo et al., (2008) encuentran que esta familia presenta una mejor adaptabilidad y especialización a los hábitats ofertados por los ríos. Respecto al total de individuos, la mayor abundancia la presenta *P. fasciatus*, hecho que se le atribuiría a su continua reproducción en el año, manteniendo el número de individuos de la población elevados (De carvalho et al., 2009).

De acuerdo con los modelos de distribución de especies por estaciones de muestreo, la Desembocadura, Rancho Hediondo y la Bocatoma presentaron un mayor ajuste al modelo de serie geométrica, característico de comunidades con pocas especies (baja riqueza específica) y con cierto nivel de perturbación (Hill y Hamer, 1998; McGill et al., 2007). No obstante, el modelo puede ser producto de efectos de muestreo. En la Bocatoma se capta agua para el acueducto del corregimiento de Gai-

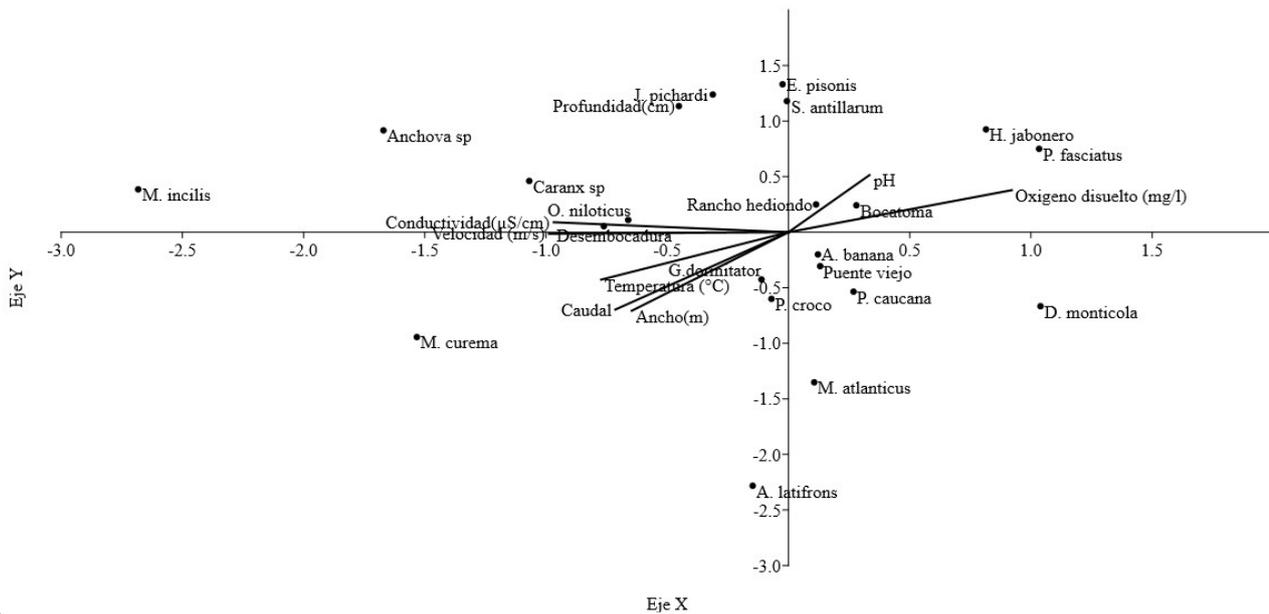
ra, lo que modificaría los patrones hidrobiológicos del cauce, generando cambios en la comunidad de peces (He y Tang, 2008). La estación Puente Viejo se ajustó al modelo log-normal, el cual indica una minoría de especies dominantes, una mayor proporción con abundancias medias y un pequeño grupo de especies raras, las cuales tienen diferentes requerimientos de hábitat (Uribe y Orrego, 2001). Además, en esta estación se saca arena para comercializarla en el corregimiento de Gaira y en la ciudad de Santa Marta, lo que mantiene desestabilizado el ecosistema modificando el hábitat de la comunidad íctica (He y Tang, 2008).

Influencia del hábitat sobre la comunidad íctica del río

El ACP permitió identificar dos biotopos y algunas asociaciones de especies particulares de los remansos como *P. caucana*, *A. latifrons*, *M. curema*, *M. incilis*, *G. dormitator*, *P. fasciatus*, *H. jabonero*, *C. craussi*, y *O. niloticus*. La asociación de estas especies por estos hábitats posiblemente se deba a sus adaptaciones específicas, destacando la natación y la alimentación de las especies (Casatti y Castro, 2006; Douglas y Matthews, 2012; López-Delgado, 2013; Oliveira et al., 2010). Las especies que habitan estos ecosistemas tienen como característica principal poseer cuerpos comprimidos lateralmente que, junto a una aleta anal bien desarrollada, les otorga una mayor maniobrabilidad moviéndose de arriba abajo en el cuerpo de agua, en sitios con macrófitas, hojarasca y raíces. Además de los anteriores caracteres morfológicos es de precisar el nivel trófico de las especies, puesto que, la mayoría de los individuos registrados en estas zonas tienen como alimento principal detritos, algas, hojarasca (materia orgánica en descomposición) e insectos de origen alóctono, provenientes de la vegetación riparia y que solo se hallan en zonas poco profundas, ya que se pueden sedimentar y no son llevados por la corriente río abajo (López-Delgado, 2013).

Las especies recolectadas en la Desembocadura y en Puente Viejo (tablas 5 y 6), son fieles representantes de la composición ictiofaunística de hábitats estuarinos tropicales, (Aguirre-León, 2014; Vieira y Musick, 1994). En ambientes estuarinos, la conductividad es una de las variables que más afecta la distribución tanto espacial como temporal de la ictiofauna, debido a las condiciones fisiológicas requeridas para poder ser tolerada (Amadi, 1990). Según Benavidez (2008), la conductividad

A.



B.

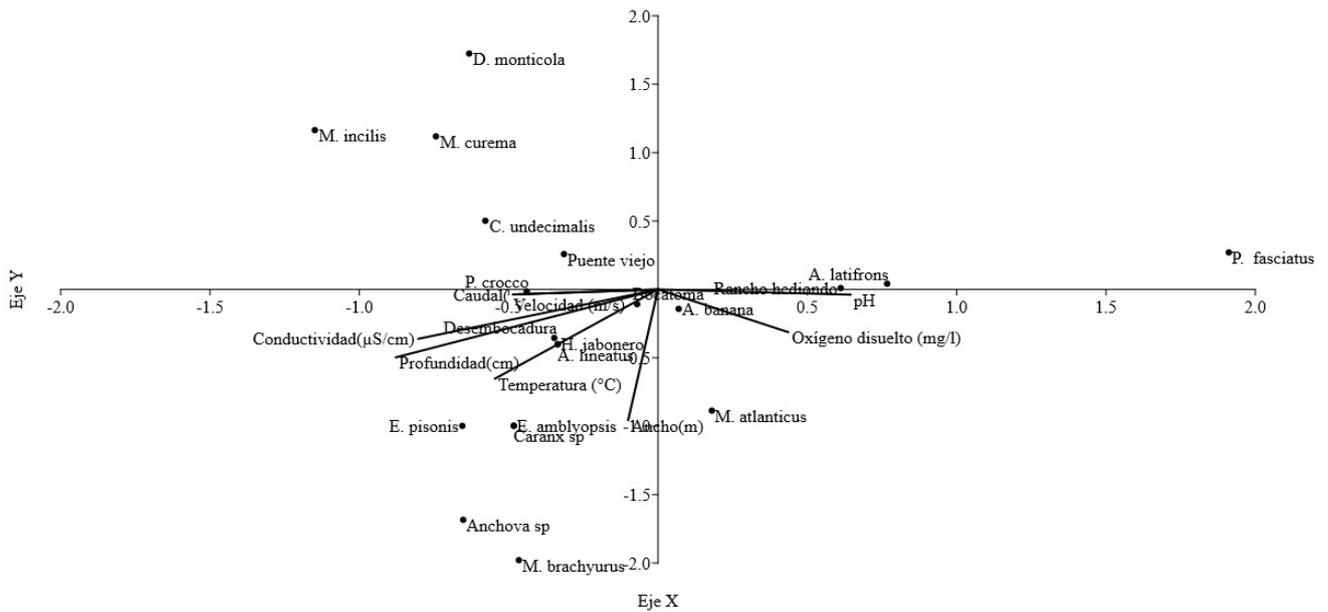


Figura 5. Análisis de Correspondencia Canónica entre la presencia de peces y las variables fisicoquímicas en temporada de lluvias (A), y en temporada seca (B) en el sector bajo del río Gaira.

es un parámetro determinante para la distribución de todas las especies estuarinas debido a que son eurihalinas. Lo mencionando anteriormente podría explicar el descenso en las capturas e incidiendo en la distribución de estas especies durante la época seca, principalmente representantes de las familias Gobiidae y Eleotridae. Los gobiidos del género

Sicydium son típicos peces dulceacuícolas secundarios, con patrones de distribución que indican dispersión por el agua salada, y su desarrollo involucra estados larvales eurihalinos (Silva-Melo y Acero, 1990) y el típico comportamiento migratorio anfídromo de los Sicydiinea (Berra, 2001).

En las estaciones Desembocadura y Puente Viejo se capturaron además de especies estuarinas, especies representantes de la familia Cichlidae. Esta familia se cataloga como dulceacuícola secundaria debido a la tolerancia de muchas especies al agua salobre incluso totalmente marina. Otras especies de amplia distribución fueron los mugilidos, especies que habitan lagos someros, y zonas estuarinas de las regiones templadas y tropicales, moviéndose a sitios más apartados de la costa en el periodo reproductivo. Comúnmente suelen ser las especies más dominantes en los citados ambientes, tanto en número como en biomasa (Cardona, 2006), constituyendo un factor primordial en el funcionamiento de dichos ecosistemas, como también, un recurso pesquero fundamental.

Según el número efectivo de especies la mayoría de taxones se registraron en Puente Viejo y en la Desembocadura, tanto en época de lluvias como en sequía y los menores taxones se registraron en la Bocatoma, a pesar de que la estación se hallaba por debajo de los 100 m.s.n.m. Lo anterior podría estar relacionado con el concepto de río continuo

de Vannote et al., (1980) y el pulso de inundación de Junk et al., (1989), que prevé la existencia de un gradiente biótico y abiótico desde la naciente hasta la desembocadura. El aumento de especies al disminuir la altitud se debe a una mayor disponibilidad de espacios, complejidad de los ambientes de los sectores bajos, y nutrientes disponibles, condiciones que favorecen el crecimiento de perifiton y macro-invertebrados acuáticos en la red trófica. De igual forma, factores como el caudal, temperatura, y barreras geográficas influyen en la distribución de las especies, presentando la ictiofauna cambios en sus patrones de distribución y uso del hábitat (Oliveira et al., 2010), razón por lo cual, las especies están estructuradas respecto a la forma de explotar un recurso y la diversidad del mismo generalmente está determinada por los distintos modos de utilizar el medio, por ende, al reducirse la oferta también lo hace la diversidad y la competencia (Herder y Freyhof, 2006).

Conclusión

El cambio de estacionalidad originó variación en

Tabla 5. Distribución espacial y abundancia de captura de las especies en los sectores de muestreo en época de lluvias en el sector bajo del río Gaira

Especies	Desembocadura	Puente viejo	Rancho hediondo	Bocatoma
<i>P. fasciatus</i>	0	41	16	54
<i>H. jabonero</i>	0	20	19	18
<i>A. latifrons</i>	3	50	0	0
<i>O. niloticus</i>	1	2	0	0
<i>C. kraussi</i>	0	2	0	0
<i>S. antillarum</i>	4	6	4	14
<i>A. banana</i>	2	17	2	6
<i>E. pisonis</i>	2	3	5	6
<i>G. dormitor</i>	0	4	0	0
<i>Caranx</i> sp.	2	1	0	0
<i>P. croco</i>	0	5	0	0
<i>M. curema</i>	15	17	0	0
<i>M. incilis</i>	23	2	0	0
<i>D. monticola</i>	0	176	13	65
<i>P. caucana</i>	0	14	5	0
<i>Anchova</i> sp.	4	0	0	0
<i>M. atlanticus</i>	0	12	0	0
<i>J. pichardi</i>	0	0	0	1
<i>P. mindii</i>	0	2	0	0

Tabla 6. Distribución espacial y abundancia de captura de las especies por sectores de muestreo en época seca en el sector bajo del río Gaira

Especies	Desembocadura	Puente viejo	Rancho hediondo	Bocatoma
<i>P. fasciatus</i>	0	8	156	6
<i>H. jabonero</i>	0	1	0	0
<i>A. latifrons</i>	0	2	8	0
<i>A. banana</i>	0	2	8	0
<i>E. pisonis</i>	0	2	2	1
<i>M. curema</i>	2	2	0	0
<i>M. incilis</i>	3	25	0	0
<i>D. monticola</i>	0	25	2	2
<i>A. lineatus</i>	0	1	0	0
<i>M. atlanticus</i>	0	0	1	0
<i>M. brachyurus</i>	2	0	0	0
<i>E. amblyopsis</i>	1	1	0	0
<i>C. undecimalis</i>	0	4	0	0
<i>Caranx</i> sp.	1	1	0	0
<i>Anchova</i> sp.	3	1	0	0

el flujo de caudal que afectó la abundancia e incidió en la estructura del hábitat en los tramos de estudio. Esta alteración generó variaciones hidrológicas que se reflejaron en las comunidades de peces en la época seca por la interrupción del flujo de agua entre la parta alta, media y baja del río. Los valores de ancho, profundidad y velocidad de la corriente disminuyeron drásticamente en la temporada seca. Estas variaciones en los componentes ambientales incidieron en la composición de los peces en los muestreos, y concuerdan con estudios donde se evidencia una relación directamente proporcional entre el ancho y profundidad del río, con la composición y abundancia de especies. El nuevo reporte de distribución de *Joturus pichardi* y sobre todo, el mayor número de especies en la misma comuna de Gaira, en donde la contaminación y la extracción de arena puede estar afectando la ictiofauna, demuestra lo importante de la realización de este tipo de trabajos con el fin de tomar medidas de conservación y planes de manejo de las cuencas hídricas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores manifiestan su agradecimiento a la vicerrectoría de investigación de la Universidad del Magdalena, por el apoyo y financiación del presen-

te estudio, por medio de la resolución 16891 del 22 de agosto de 2016, expedida por el Ministerio de Educación Nacional, bajo el marco del plan de gobierno “por una universidad más incluyente e innovadora 2016-2020” de la Universidad del Magdalena. A Carlos Henis por el Abstract; y a Luis de la Hoz.

REFERENCIAS

- Aguirre-León, A., Pérez-Ponce, H. E., & Díaz-Ruiz, S. (2014). Heterogeneidad ambiental y su relación con la diversidad y abundancia de la comunidad de peces en un sistema costero del Golfo de México. *Revista Biología Tropical*, 62(1), 145–163. <https://doi.org/10.15517/RBT.V62I1.8212>
- Amadi, A. A. (1990). Comparative ecology of estuaries in Nigeria. *Hydrobiology* 208, 27–38. <https://doi.org/10.1007/BF00008440>
- Arango-Sánchez, L. B., Correa-Herrera, T., & Correa-Rendón, J. D. (2019). Diversidad de peces en hábitats estuarinos delta del río Atrato, Golfo de Urabá. *Boletín Científico Museo de Historia Natural U. de Caldas*, 23(1), 191–207. <https://doi.org/10.17151/bccm.2019.23.1.7>
- Berra, T. M. (2001). *Freshwater Fish Distribution* [archivo PDF]. Recuperado a partir de: https://pk2pm.files.wordpress.com/2012/10/freshwater_fish_distribution.pdf
- Benavidez, R. M., & Brenes, C. L. (2008). Algunos aspectos hidrográficos y análisis ictológico de las capturas realizadas con una red de trampa fija en la laguna de Gandoca, Limón, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 2(1), 9–26. <https://doi.org/10.15359/>

- revmar.2.1
- Blanco, J. F., Escobar-Sierra, C., & Carvajal-Quintero, J. D. (2013). Gorgona, Baudó y Darién (Chocó Biogeográfico, Colombia): ecorregiones modelo para los estudios ecológicos de comunidades de quebradas costeras. *Revista de biología tropical*, 62(1), 43–64. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15978>
- Blanco-Cervantes, C., & Blanco-Cervantes, G. (2022). Estructura y composición de la ictiofauna presente en el tramo bajo del río Córdoba (SNSM), Caribe Colombiano. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, 46(178), 137–155. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1409>
- Bolaño-Domínguez, J. S. (2015). *Composición y distribución espacial, y por hábitats de la ictiofauna de la cuenca del río Gaira, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia* [Tesis de pregrado]. Universidad del Magdalena, Santa Marta. <https://llibrary.co/document/y6x66o7y-composicion-distribucion-espacial-habitats-ictiofauna-sierra-nevada-colombia.html>
- Castellanos-Galindo G. A., Sánchez G. C., Beltrán-León B. S., Zapata L. A. (2013). A goby-fry fishery in the northern Colombian Pacific Ocean. *Cybiurn*, 35(4), 391–395. <https://doi.org/10.26028/cybiurn/2013-354-012>
- Castro, J. I. (2009). Como medir el caudal de un estero, río o canal [video]. Consultado el 23/08/2017. Recuperado de: <https://www.youtube.com/watch?v=1Xi6HhkM-Gig>
- Cardona, L. (2006). Habitat selection by grey mullets (Osteichthyes: Mugilidae) in Mediterranean estuaries: the role of salinity. *Scientia Marina* 70(30), 443–455. <http://dx.doi.org/10.3989/scimar.2006.70n3443>
- Casatti, L., & Castro, R. M. (2006). Testing the ecomorphological hypothesis in a headwater riffles fish assemblage of the rio São Francisco, southeastern Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 4(2), 203–214. <http://doi:10.1590/S1679-62252006000200006>
- Chinchilla, C. H. I., Protti, Q. M., & Cabrera, P. J. H. (2002). Peces dulceacuícolas de la Isla del Caño: distribución y aspectos biogeográficos. *Uniciencia*, 19(1), 53–57. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/uniciencia/article/view/5720>
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2006). *Change in marine communities: an approach to statistical interpretation* [archivo PDF]. Recuperado de: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/PRIMER-E.pdf>
- Colwell, R. K. (2013). Estimates: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Recuperado de: URL <purl.oclc.org./stimates>.
- Dahl, G. (1971). *Los peces del Norte de Colombia. Bogotá. Colombia: INDERENA* [archivo PDF]. Recuperado de <http://hdl.handle.net/20.500.12324/33216>
- De carvalho, P., Pascholoni, A. L., Santos, G.B., Rizzo, E., & Bazzoli, N. (2009). Reproductive Biology of *Astyanax fasciatus* (piscis characiformes) in reservoir in southeastern Brazil. *Journal Appligate Ichthyology*, 25, 306–313. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01238.x>
- Douglas, M. E., & Matthews, W. J. (2012). Within does morphology predict ecology? Hypothesis a testing fish freshwater stream assemblage. *Oikos*, 65, 213–224. <https://doi.org/10.2307/3545012>
- Esselman, P. C., Freeman, C. M., & Pringle, M. C. (2006). Fish assemblage variation between geologically defined regions and across a longitudinal gradient in the Monkey River Basin, Belize. *J. N. American Benthology Society*, 25(1), 142–156. [https://doi.org/10.1899/0887-3593\(2006\)25\[142:FVBGDR\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1899/0887-3593(2006)25[142:FVBGDR]2.0.CO;2)
- Espinoza, M. (2007). Composición y estructura de las comunidades de peces del río La Cañaza, Pacífico Sur de Costa Rica. *Brenesia*, 67, 35–43. Recuperado de: file:///C:/Users/Pc/Downloads/Espinoza2007_Composicionyestructuradelascomunidadesdepecesenelrío-LaCaaza.pdf
- Espinoza, M. (2008). Sondeo ecológico rápido de las comunidades de peces tropicales en un área de explotación minera en Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1971–1990. <https://pdfs.semanticscholar.org/6899/97b27c077efa1b50547f5eba687d9c4bda4d.pdf>
- Espinoza, M., & Salas, E. (2005). Estructura de las comunidades de peces de arrecife en las Islas Catalinas y Playa Ocotol, Pacífico Norte de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 53 (3–4), 523–536. DOI: 10.15517/rbt.v53i3-4.14667
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., & Van der Laan, R. (2021). *Catálogo de especies de Eschmeyer: Genera, Especie, Reference* [archivo PDF]. Recuperado de: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>. Consultado el 06/08/2021.
- Frayter, V., Jiménez, E., Valero, O., & Pavón, R. (2000). *Plan de mejoramiento de la cuenca hidrográfica del Río Gaira*. [Tesis de pregrado]. Universidad del Magdalena, Santa Marta. <http://repositorio.unimagdalena.edu.co/jspui/handle/123456789/1793>
- Fundación Pro-Sierra Nevada de Santa Marta, Prosierra, (19 de octubre de 2018). Recuperado de: <http://www.prosierra.org/>.
- Galvis, G. (1996). Fauna dulceacuícola del parque Tayrona. *Caldasia*, 15. 71–75. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/35080/35345>
- Guardiola, F., & Torrealbo, M. (2013). *Inventario íctico del río piedras de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia*. [Tesis de pregrado]. Universidad del Magdalena, Santa Marta.
- Hammer, Ó., Harper, D. A. & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistic sofwer package for education and data analiysis. *Paleontological Electronic*, 4(1), 1–9. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. Consultado el 26/08 de 2019
- He, F., & Tang, D. (2008). Estimating the niche preemption parameter of the geometric series. *Acta Ecológica*, 33. 105–107. <http://doi:10.1016/j.actao.2007.10.001>
- Hein, C. L., Pike, A. S., Blanco, J. F., Covich, A. P., Scatena, F. N., Hawkins, C. P., & Crowl, T. A. (2013). Effects of coupled natural and anthropogenic factors on the community structure of diadromous fish and shrimp species in tropical island streams. *Freshwater Biology*, 56, 1002– 1015. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2010.02537.x>
- Herder, F., & Freyhof, J. (2006). Resource partitioning in a tropical stream fish assemblage. *Journal of Fish Biology* 69(2), 571–589. DOI:10.1111/j.1095-8649.2006.01326.x
- Hill, M. O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 52(2), 427–432. <https://doi.org/10.2307/1934352>
- Hill, K., & Hammer, K. C. (1998). Using species abundance models as indicator of habitat disturbance in tropical forests. *Journal of Applied Ecology*, 35, 458–460. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.1998.00310.x>
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>

- Junk, W. J., Bayley, P. B., & Sparks, E. (1989). The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1(106), 110–127. https://www.researchgate.net/publication/256981220_The_Flood_Pulse_Concept_in_River-Floodplain_Systems
- Lasso, C. A., Gutiérrez, M. A., Morales-Betancourt, E. Agudelo-Córdoba, H. Ramírez-Gil, A., & Ajiaco-Martínez, R. E. (2011). *II Pesquerías continentales de Colombia: cuencas del Magdalena-Cauca, Sinú, Canalete, Atrato, Orinoco, Amazonas y vertiente del Pacífico* [archivo PDF]. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/285587903_Diagnostico_de_la_pesqueria_en_la_CUENCA_del_AMAZONAS
- Lasso, C. A., Blanco-Libreros, J. F. & Sánchez-Duarte P. (2015). *XII Cuencas pericontinentales de Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela: tipología, biodiversidad, servicios ecosistémicos y sostenibilidad de los ríos, quebradas y arroyos costeros* [archivo PDF]. Recuperado de: https://museohn.unmsm.edu.pe/docs/pub_ictio/235.pdf
- López, P., & Pulido, L. (2002). *Estudio de la ictiofauna de los ríos Córdoba y Frío, Sierra Nevada de Santa Marta. Departamento del Magdalena*. [Tesis de pregrado]. Universidad Jorge Tadeo Lozano, Bogotá. <http://hdl.handle.net/20.500.12010/1330>
- López-Delgado, O. E. (2013). *Composición y estructura de la comunidad de peces y sus relaciones con la calidad de la vegetación riparia y algunas variables ambientales en dos ríos del bosque seco tropical (bs-t), Tolima (Colombia)*. [Tesis de maestría]. Universidad del Tolima, Ibagué. <https://1library.co/document/lq586vjq-composicion-estructura-comunidad-relaciones-vegetacion-variables-ambientales-tropical.html>
- Maldonado-Ocampo, J., Ortega-Lara, A., Usma, O. S., Galvis, V. G., Villa-Navarro, F. A., Vásquez-Gamboa, L., Prada-Pedrero, S., & Ardila, R. C. (2005). *Peces de los Andes de Colombia* [archivo PDF]. Recuperado de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/PecesAndes1.pdf>
- Maldonado-Ocampo, J., Vari, R. P., & Usma, J. S. (2008). Checklist of the freshwater fishes of Colombia. *Biota Colombiana*, 9(2), 143–237. <http://revistas.humboldt.org.co/index.php/biota/article/view/201>
- McGill, B. J., Etienne, R. S., Gray, J. S., Alonso, D., Anderson, M. J., Benecha, H. K. & Dornelas M. (2007). Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology letters*, 10(10), 995–1015. DOI:10.1111/j.1461-0248.2007.01094.x.
- Mojica, J. I. (1999). Lista preliminar de las especies dulceacuicolas de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias*. 23(Suplemento especial), 547–566. https://www.accefyn.com/revista/Vol_23/supl/547-566.pdf
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad* [archivo PDF]. Recuperado de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Nelson, S. J., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016) *Fishes of the World* [archivo PDF]. Recuperado de: https://batrachos.com/sites/default/files/pictures/Books/Nelson_ea_2016_Fishes%20of%20the%20World.pdf
- Oliveira, E. F., Goulart, E., Breda, L., Minte-vera, C. V., Ricardo, L., Paiva, D. S. & Vismara, M. R. (2010). Ecomorphological patterns of the fish assemblage in a tropical floodplain: effects of trophic, spatial and phylogenetic structures. *Neotropical Ichthyology*, 8(3), 569–586. <https://doi:10.1590/S1679-62252010000300002>
- Ortiz-Arroyave, L. (2010). *Caracterización de la comunidad de peces, sus hábitos alimentarios y su hábitat, en un estero natural y uno emergente en Orocué (Casasare, Colombia) durante el periodo creciente*. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/8682?locale-attribute=fr>
- Sandoval-Huertas, E. R., Madrigal-Gurudi, X., Escalera, L., & Medina-Nava, M. (2014). Estructura de la comunidad de peces en cuatro estuarios del Pacífico mexicano central. *Revista Mexicana de biodiversidad*, 85(4), 1184–1196. DOI: 107550/rmb.42105.
- Silva-Melo, L. & Acero, P. A. (1990). Sistemática, biología y ecología del Titi *Sicydium antillarum* Grant (Pisces: Gobiidae) en la región de Santa Marta, Colombia. *Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín*, 19 (22), 153–172. https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3889/01203959_19_2008.pdf?sequence=1
- Tamaris-Turizo, C. (2018). *Relaciones tróficas de macroinvertebrados acuáticos en un río tropical de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM)*. [Tesis de doctorado] Universidad Nacional de Colombia Bogotá. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63803>
- Trujillo, J., López, L. E., Díaz, P. E. & Camargo, J. (2010). Patterns in the distribution of fish assemblages in Río Amacuzac, Mexico: influence of abiotic factors and biotic factors. *Biology Fisheries*, 20, 457–469. <https://doi.org/10.1007/s11160-009-9153-y>
- Uribe, J., & Orrego, O. (2001). Modelos de distribución de abundancias en comunidades de briofitos, *Caldasia*, 23(1), 261–267. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/cal/article/view/17677>
- Vannote, R. L., Minshall, G. W., Cummins. K.W., Sedell, J. R., & Cushing, C. F. (1980). The River Continuum Concept. *Canadian Journal of fisheries and Aquatic Sciences*, 37(1), 130–137. <http://ww2.coastal.edu/~jjhutche/BIO481/Vannote1980-CJFAS-RiverContinuumConcept-R0715.pdf>
- Vieira, J. P., & Musick, J. A. (1994). Fish faunal composition in warm-temperate and tropical estuaries of western Atlantic. *Atlantica*, 16, 31–53.
- Winemiller, K. O., López-Fernández, H., Taphorn, D. C., Nico, L. G. & Duque, A. B. (2008). Fish assemblages of the Casiquiere River, a corridor and zoogeographical filter dispersal between the Orinoco and Amazon basins. *Journal of Biology of Biogeography*, 35, 1551–1563. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2008.01917.x