

# Diversidad íctica dulceacuícola en una isla del pacifico oriental tropical: PNN Isla Gorgona, Colombia

Freshwater fish diversity of a tropical eastern pacific island: PNN Isla Gorgona, Colombia

Jesús Antonio Acosta <sup>1</sup>, José Tavera <sup>1</sup>

- Recibido: 24/Jun/2021
- Aceptado: 04/Abr/2022
- Publicación en línea: 09/Jun/2022

Citación: Acosta JA, Tavera J. 2023. Diversidad íctica dulceacuícola en una isla del Pacífico oriental tropical: PNN Isla Gorgona, Colombia. *Caldasia* 45(1):124-135. doi: <https://doi.org/10.15446/caldasia.v45n1.96649>

## ABSTRACT

Given its biogeographical importance a study was performed on the diversity of fish in the streams of the Colombian Pacific Gorgona National Natural Park. This place is characterized by having the largest insular creeks system of the Colombian Pacific with 25 permanent streams and an estimated 75 temporary. The island was divided into east and west zones and the sampling was carried out in sites of nine streams, starting from the mouth upstream. The sampling sites were separated by paths of 50 meters with a total of seven points per stream. At each site, diversity data were taken through visual censuses modulated by time and additionally some physicochemical parameters were recorded. Nine species were registered, of which eight are of amphidrome origin and one primary freshwater. Differences were found in the species composition between some streams and between the zones. Flow rate and total dissolved solids were the variables that most contributed to the distribution of species, in this case diversity increased at points with lower flow levels and low values of dissolved solids.

**Keywords:** Primary fishes, amphidromous fishes, *Trichomycterus gorgona*, *Dajaus*, insular streams.

1 Universidad del Valle, Departamento de Biología, Grupo de Investigación en Sistemática, Evolución y Biogeografía Animal. Calle 13 # 100-00 edificio E-20. AA 25360, Cali, Colombia.

\* jose.tavera@correounivalle.edu.co



## RESUMEN

Debido a la importancia biogeográfica del Parque Nacional Natural Isla Gorgona en el pacífico colombiano, se realizó un estudio de la diversidad de peces en sus quebradas. Este lugar se caracteriza por tener el sistema de quebradas insulares más grande del Pacífico colombiano con 25 quebradas permanentes y un estimado de 75 temporales. La isla se dividió en zonas este y oeste y el muestreo se realizó mediante sitios de conteo en nueve quebradas, partiendo de la desembocadura hacia aguas arriba. Los sitios estuvieron separados por trayectos de 50 metros y se muestrearon un total de siete sitios por quebrada. En cada sitio se tomaron datos de diversidad mediante censos visuales modulados por tiempo y adicionalmente se registraron parámetros fisicoquímicos. Se registraron nueve especies de las cuales ocho son peces anfídomos y una primaria dulceacuícola. Se hallaron diferencias en la composición de especies entre algunas quebradas y entre las zonas. El caudal y los sólidos disueltos totales fueron las variables más relacionadas con la distribución de las especies, en este caso la diversidad se incrementó en los sitios con menores valores de caudal y valores bajos de sólidos disueltos.

**Palabras clave:** Peces primarios, peces anfídomos, *Trichomycterus gorgona*, *Dajaus*, quebradas insulares.

## INTRODUCCIÓN

El origen, diversidad y biogeografía de la fauna íctica dulceacuícola en el Neotrópico siempre ha sido un tema de mucho interés (Albert y Reis 2011). En Colombia se han realizado muchos esfuerzos para conocer esta diversidad la cual ha sido bien definida por sistemas hidrográficos (DoNascimento *et al.* 2017). Comúnmente los peces que habitan estos ecosistemas han sido categorizados de acuerdo con su tolerancia a la salinidad y su origen (Myers 1938) en: peces dulceacuícolas primarios, los cuales evolucionaron en agua dulce y no toleran agua salobre; peces secundarios que son aquellos que se originaron en agua dulce a partir de grupos marinos; y por último los peces anfídomos, periféricos o de transición que son especies de origen marino que habitan en agua dulce, ya sea continua o estacionalmente (Villa 1982).

De los cinco sistemas hidrográficos en los que han sido categorizadas las especies dulceacuícolas de peces en Colombia, la región del Pacífico es la más pobre con tan solo 129 (8 %) especies primarias (DoNascimento *et al.* 2021). Sin embargo, a pesar de la baja diversidad, los ríos, quebradas y arroyos costeros de primer y segundo orden del Pacífico colombiano, al igual que los de las islas, son escenarios interesantes para el estudio de la ecología en organismos acuáticos, debido a que en ellos coexisten varias especies en las que se ha seleccionado natural y convergentemente

una estrategia de vida anfídroma (Blanco 2009, McDowall 2009). Esta estrategia comprende ciclos de vida compartidos entre las corrientes de agua dulce y el mar, los cuales son muy diferentes al de sus contrapartes dulceacuícolas primarios. Los ciclos de vida de los peces usualmente comprenden varios estadios de desarrollo en los que los individuos realizan largas migraciones del mar hacia el agua dulce o viceversa. Se ha propuesto que la estrategia de vida anfídroma ha aparecido en varios grupos taxonómicos no relacionados como peces, decápodos y gasterópodos, lo que ha permitido la colonización de las corrientes de agua dulce costeras e insulares, que de otra manera estarían vacías o inhabitadas, así como también la persistencia de las especies bajo un régimen de frecuentes variaciones como las crecientes y las sequías (Blanco 2009, McDowall 2009).

Paradójicamente, existen pocas investigaciones en los sistemas dulceacuícolas insulares, y como consecuencia, la información, es fragmentaria. Una de las pocas investigaciones de peces dulceacuícolas de la isla Gorgona fue realizada por Cala (1990), que generó un listado de especies. En esta isla se registra un solo pez dulceacuícola primario, el cual fue descrito quince años después como *Trichomycterus gorgona* (Fernández y Schaefer 2005), perteneciente al orden Siluriformes, especie endémica de la isla, y único tricomicterido insular del Pacífico oriental tropical, categorizado en Preocupación Menor por la UICN (Villa-Navarro 2016). A

pesar de lo anterior, de momento no se tiene conocimiento sobre su historia natural, ni datos de su ecología.

Debido a la alta precipitación, la isla está cubierta en su mayoría por bosques lluviosos tropicales y bosques de niebla, aunque en las áreas de influencia humana, zona que se conoce como El Poblado, dominan rastrojos bajos y bosques secundarios donde abundan las especies de árboles exóticos producto de la tala y del establecimiento de cultivos (Valencia-G 2014). Gorgona funcionó como Penitenciaría entre 1960 y 1983, tiempo durante el cual albergó a reclusos de distintas partes del país. Según el Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC) 4526 internos pasaron por la isla en sus 23 años de funcionamiento (López 2006). Casi 500 de las 1568 hectáreas que componen a la isla de Gorgona fueron severamente alteradas durante el tiempo que se utilizó como penal. Esta fuerte presión tuvo un impacto profundo en los recursos naturales de la isla.

El Poblado tiene influencia sobre tres quebradas adyacentes, siendo objeto de diferentes actividades humanas, como captación de agua para consumo, uso sanitario y recreativo, así como el uso de la fuerza del agua para generación de electricidad y la extracción de madera de las riberas. En general las actividades humanas tienen un efecto importante sobre el estado ecológico de ríos, quebradas, lagos y lagunas alterando sus características químicas, físicas y biológicas (Blanco 2009). Aun así, las fuentes de agua de la isla Gorgona se encuentran en un buen estado de conservación, debido al correcto manejo del parque y a la sucesión natural de la vegetación.

Este trabajo tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la ictiofauna dulceacuícola insular del Pacífico colombiano, usando como modelo el PNN Isla Gorgona. Para esto se generó un inventario o registro de las especies ícticas que se encuentran en estos cuerpos de agua. También se analizaron las posibles relaciones entre las características de las quebradas, su ubicación en la isla, temporalidad y su grado de intervención con la diversidad íctica; por último, se evaluó la relación entre algunas variables fisicoquímicas en la distribución de las especies.

## MATERIALES Y METODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

Gorgona es una isla continental de origen volcánico, ubicada a 35 km del punto más cercano sobre la costa del de-

partamento del Cauca, en el Pacífico colombiano; (Cantera *et al.* 2003). Tiene una extensión de 9,3 km de longitud por 2,6 km de ancho, y en 1985 fue declarada Parque Nacional Natural, junto con el islote Gorgonilla y 61 000 ha de área marina adyacente (Díaz *et al.* 2001). El Parque Nacional Natural Isla Gorgona, posee el mayor sistema de quebradas insulares del Pacífico colombiano, convirtiéndose de esta forma en un laboratorio natural para estudios ecológicos en estos sistemas. El clima en la isla es húmedo tropical marítimo debido a que la temperatura del aire y la humedad son altas, presentado valores promedio anuales de 26 °C y 90 % respectivamente. La distribución anual de la lluvia es monomodal con 6661 mm, mientras que la evaporación totaliza solamente 900 mm (Blanco 2009). Las mayores precipitaciones se producen entre diciembre y abril mientras que los menores entre mayo y noviembre (Díaz *et al.* 2001).

La isla presenta un intervalo de elevación entre 0 y 330 m sobre el nivel del mar y cerca del 90 % tiene laderas muy inclinadas (50-75 %) rodeadas por pendientes bajas (< 12 %) (Blanco 2009). Gorgona posee 25 quebradas permanentes y un estimado de 75 temporales. La mayoría son cortas, estrechas y someras, caracterizadas por secuencias de rápidos y pozos en la planicie costera, y por piscinas y cascadas en la parte montañosa o de alta pendiente; los substratos son predominantemente cantos rodados y bloques, aunque las gravas y cascajos dominan en algunas quebradas con litología sedimentaria (Gómez-Aguirre *et al.* 2009, Longo-Sánchez *et al.* 2009).

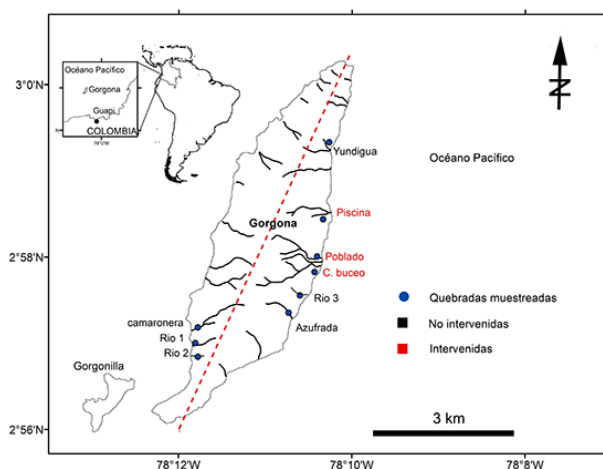
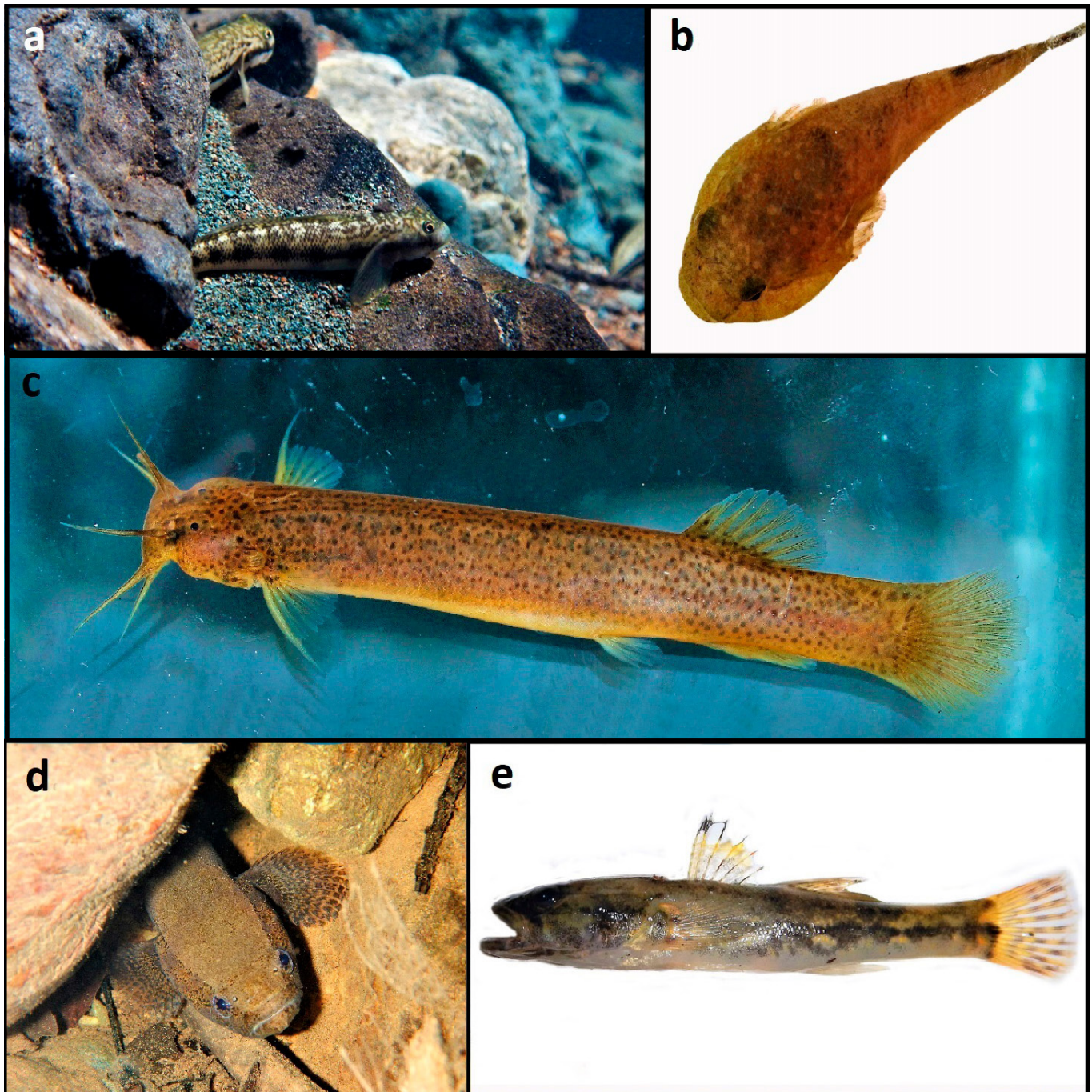


Figura 1. Mapa de la isla Gorgona, división de la isla en zonas este y oeste, y las quebradas muestreadas.

De acuerdo con Giraldo *et al.* (2005), los lados este y oeste de la isla poseen regímenes muy distintos en la variación de la temperatura superficial y la profundidad del agua, diferentes intensidades de vientos y distintos flujos de corriente en el mar; estas variables pueden llegar a ser cruciales en cuanto a dispersión larval de peces que usan las quebradas en algún estadio de su vida.

## CAPTURA DE DATOS

Este trabajo constó de un listado de las especies de peces que habitan las fuentes de agua dulce de la isla y una descripción de su distribución y composición durante la temporada seca y la de lluvias. Las quebradas muestreadas se dividieron en dos zonas, correspondientes a las vertientes



**Figura 2.** Algunas especies encontradas en las quebradas de la isla Gorgona. **a.** *Sicydium* sp., **b.** *Gobiesox juradoensis*, **c.** *Trichomycterus gorgona*, **d.** *Eleotris picta*, y **e.** *Gobiomorus polylepis*.

geográficas, lados este y oeste, de la isla, además se catalogaron como intervenidas o no intervenidas dependiendo de su uso y cercanía al El Poblado. Se tomaron datos en sitios específicos de conteo, los cuales iniciaron desde la desembocadura de las quebradas hacia aguas arriba con una distancia de 50 metros entre cada uno. El número de sitios por quebrada fue de siete, muestreándose un total de nueve quebradas, tres en la zona oeste y seis en el este (Fig. 1). En cada sitio se tomaron datos de la diversidad íctica mediante censos subacuáticos visuales realizados por dos observadores durante un periodo de 15 min, tomando nota de la riqueza y abundancia de cada especie. Posterior a esto se tomaron datos de cobertura de dosel mediante la aplicación para celulares Canopyapp, sólidos disueltos y temperatura con un TDS digital genérico, de pH con un pH-metro digital, y se tomaron medidas de profundidad, ancho y velocidad de la corriente para calcular el caudal. Estos muestreos se realizaron el mes de abril del 2018 correspondiente a la temporada de lluvias y en octubre del mismo año, correspondiente a la temporada seca.

Las especies de peces se identificaron mediante claves taxonómicas especializadas (Briggs 1955, Bussing 1998), se siguió la clasificación sistemática de Betancur *et al.* (2017). Los especímenes recolectados fueron depositados en la colección de referencia de la Universidad del Valle código RNC: CIR-UV.

Con el propósito de evaluar la eficacia del método de captura y la cobertura del muestreo se realizaron curvas de acumulación de especies utilizando los estimadores Chao 1 (Chao 1984) y ACE (Oneal 1995). Estos índices se calcularon con el programa EstimateS (Colwell 2013) y se graficaron con el programa Excel (MS Excel 2016). Para evaluar diferencias entre la riqueza o la abundancia en temporadas, zonas y quebradas, se emplearon modelos lineales mixtos usando el lenguaje de programación R (R Core Team 2013) mediante las librerías MASS (Ripley *et al.* 2022) y lme4 (Green y Ben 2019) respectivamente. Adicionalmente se realizaron pruebas de Fisher con su respectiva corrección pareada de Bonferroni para evaluar cuales y cuantas quebradas están aportando a las diferencias mediante el software R.

Para determinar diferencias en la composición de especies de acuerdo con la temporada, zona, quebrada e intervención, se realizaron pruebas de ANOSIM (Analysis of similarities / Análisis de similitudes) (Zubcoff 2012) Adicio-

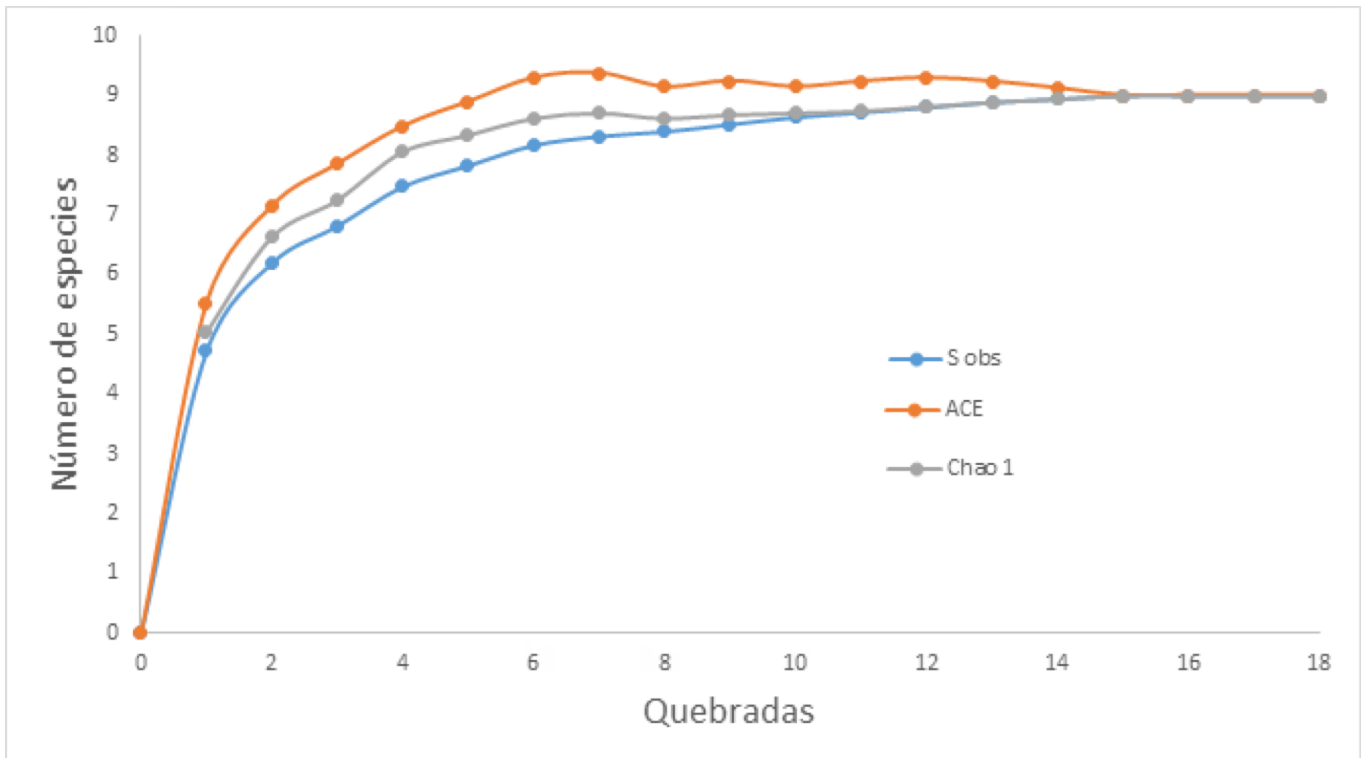
nalmente se realizaron pruebas de SIMPER (Similarity percentage analysis / Análisis de porcentaje de similitud) (Gibert, C. y Escarguel, G. 2019) con el objetivo de conocer cuáles especies y en qué porcentaje están contribuyendo a las diferencias. Para las dos pruebas se emplearon las librerías vegan (Oksanen *et al.* 2019) y parallel (April 2018), en el programa R (R Core Team 2013). Para identificar si existe una relación entre las variables físico-químicas y la distribución de especies, se realizó un análisis de correspondencia canónica (CCA) empleando la librería Vegan (Oksanen *et al.* 2019), en el programa R (R Core Team 2013). Por último, para investigar si la distribución de las especies en las quebradas de la isla presenta un patrón de coocurrencia o de aleatoriedad se realizó una prueba de modelos nulos usando la librería EcoSimR (Hart *et al.* 2015), en el programa R (R Core Team 2013).

## RESULTADOS

En total se encontraron nueve especies de peces distribuidas en seis familias y cinco ordenes (Tabla 1, Fig. 2). Su abundancia varía entre especies (Tabla 2). Las curvas de acumulación de especies (Fig. 3) señalan una eficiencia de muestreo del 100 %. En cuanto a la abundancia total, se hallaron diferencias entre las quebradas, pero no entre las zonas; mientras que para la riqueza y la composición se encontraron diferencias tanto para las quebradas como para las zonas (Tabla 3).

La especie *D. monticola* fue quien más aportó a las diferencias entre quebradas con un valor promedio de 37,7 % seguida por *T. gorgona*, *Sicydium* sp y *G. juradoensis* con 12,4 %, 7,3 % y 6,8 % respectivamente (Tabla 4). En cuanto a la diferencia entre las zonas (Tabla 4) nuevamente *D. monticola*, *T. gorgona*, *Sicydium* sp y *G. juradoensis* fueron las especies responsables de la mayor carga con 34,4 %, 12,2 %, 8,7 % y 6,6 % respectivamente.

El análisis CCA (Fig. 4), indica que *G. juradoensis* está relacionado con temperaturas más cálidas y caudales bajos, al igual que *Sicydium* sp. aunque, esta última, en menor medida. *T. gorgona* se ve asociado con mayores coberturas de dosel y temperaturas más bajas, *A. transandeanus* muestra relación con caudales, pH y mayores concentraciones de sólidos disueltos. Las demás especies permanecen agrupadas en el centro de la gráfica lo cual indica que su presencia pareciera no verse asociada con ninguno de estos parámetros (Fig. 4). Además, las cargas de las tres



**Figura 3.** Curvas de acumulación de especies de peces en quebradas de Isla Gorgona mediante los índices ACE y Chao1 así como la curva de especies observadas (S obs).

variables más influyentes en el primer componente canónico, fueron sólidos disueltos totales (tds) (0,3918), caudal (0,2858) y pH (0,21716) y en el segundo componente fueron pH (-0,7785), dosel (-0,6404) y temperatura (-0,5614) respectivamente (Fig. 4).

Se observó una variación grande en el tamaño de las quebradas y por lo tanto en su caudal. Las quebradas más grandes (Camaronera, Azufrada y Buceo) presentaron caudales de hasta 90 (l/seg) mientras que las más pequeñas (Rio1, Rio2 y Rio3) solo llegaron a los 10 (l/seg) en la temporada de sequía, mientras que en temporada de lluvias presentaron valores de 120 (l/seg) y 18 (l/seg) respectivamente.

Debido a que se encontraron diferencias en la riqueza y la composición de especies entre las zonas, se realizó la misma comparación, pero esta vez solo para las quebradas pertenecientes a la zona este donde se encuentran las quebradas intervenidas (Fig. 4b). Nuevamente *G. juradoensis* mostró una tendencia a distribuirse en zonas de bajo caudal, la mayoría de las demás especies permanecen agrupadas en el centro y no muestran ninguna inclinación por alguno de los parámetros. En esta figura las cargas de las tres variables más influyentes en el primer componente canónico, fueron

caudal (-0,7288), tds (-0,5166) y temperatura (-0,4732) y para el segundo componente fueron caudal (-0,5748), temperatura (-0,4216) y dosel (0,3150) respectivamente.

El solapamiento del valor observado y las repeticiones de la presencia aleatoria de una especie (línea azul Fig. 5), implica que no existe un patrón de coocurrencia de las especies, es decir, que su distribución está siendo afectada por antagonismo o competencia interespecifica. El valor de  $P=0,516$  muestra que dicha diferencia no es significativa.

## DISCUSION

A pesar de ser un ambiente que puede considerarse pobre en número de especies, el presente listado taxonómico es el más completo presentado a la fecha, con algunas diferencias con trabajos anteriores. Por ejemplo, Rubio *et al.* (1987) reportaron a *Hemieleotris latifasciata* (Meek & Hildebrand, 1912) como la especie más abundante capturada en la laguna de la isla, especie que no fue recolectada ni observada en este trabajo. Cala (1990) en su trabajo sobre la biodiversidad del ambiente de agua dulce de la isla reporta seis especies: *Trichomycterus* sp. (hoy en día la única

Tabla 1. listado de especies encontradas en las quebradas de isla Gorgona.

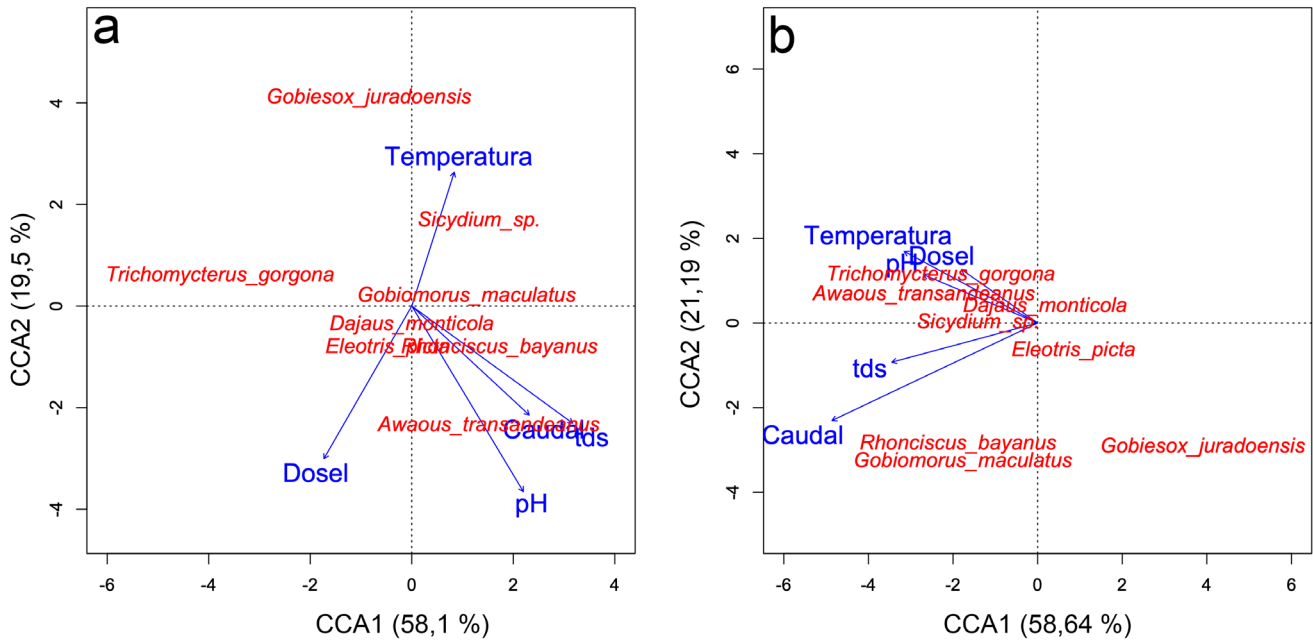
Orden	Familia	Genero	Sp.	Autor
<b>Siluriformes</b>	Tricomycetidae	<i>Trichomycterus</i>	<i>T. gorgona</i>	Fernández & Schaefer, 2005
		<i>Eleotris</i>	<i>E. picta</i>	Kner, 1863
	Eleotridae	<i>Gobiomorus</i>	<i>G. polylepis</i>	Ginsburg, 1953
<b>Gobiformes</b>		<i>Gobiomorus</i>	<i>G. maculatus</i>	(Günther, 1859)
	Oxudercidae	<i>Sicydium</i>	<i>S. sp</i>	
		<i>Awaous</i>	<i>A. transandeanus</i>	(Günther, 1861)
<b>Blenniiformes</b>	Gobiesocidae	<i>Gobiesox</i>	<i>G. juradoensis</i>	Fowler, 1944
<b>Mugiliformes</b>	Mugilidae	<i>Dajaus</i>	<i>D. monticola</i>	(Bancroft, 1834)
<b>Lutjaniformes</b>	Haemulidae	<i>Rhonciscus</i>	<i>R. bayanus</i>	(Jordan & Evermann, 1898)

especie estrictamente dulceacuícola y endémica de la isla *T. gorgonae*), *Bathygobius* sp, *Tomicodon* sp, *Gobiomorus* sp, *Mugil* cf. *curema* (hoy en día válida como *M. setosus*) y *Dajaus monticola*. De estas especies *Gobiomorus* spp y *Dajaus monticola* fueron reportadas en nuestras capturas, mientras que *Bathygobius* sp y *Mugil* cf. *curema* probablemente hubiesen sido recolectadas si nuestros muestreos hubiesen sido realizados en la zona de influencia marina de las quebradas. El último trabajo del cual se tiene conocimiento que realizó muestreos de peces en las quebradas de la isla fue el de Zapata *et al.* (1991); éste fue realizado solo en la quebrada La Camaronera, y en el los autores reportan cuatro especies de las cuales, solo *Dajaus monticola* es común con nuestro estudio. Las demás: *Chaenomugil proboscoides* (Günther, 1861), *Mugil setosus* Gilbert, 1892, y *Hemieleotris latifasciata*, no fueron encontradas en nuestros muestreos. La ausencia de *Hemieleotris latifasciata* es un hecho de mucho interés. Se pueden especular muchos escenarios para explicar este resultado: Desde una mala identificación taxonómica, hasta una extinción local o patrones intermitentes de distribución local. En cualquier caso, esto debe ser monitoreado en el tiempo para ver si la especie es reportada de nuevo en la isla. Para las dos especies de lisas *Chaenomugil proboscoides* y *Mugil setosus* es muy probable que al no incluir en nuestro trabajo la zona de la desembocadura de las quebradas, a diferencia de los trabajos anteriormente mencionados, ocasionó que especies eurihalinas no hayan sido incluidas.

Ocho de las nueve especies registradas pertenecen a los peces anfidromos, o también llamados peces de transi-

ción, lo cual es de esperarse en sistemas de agua dulce insulares y de quebradas costeras cortas. Familias como Eleotridae y Oxudercidae en el Pacífico colombiano son comúnmente encontradas incluso aguas arriba en ríos epicontinentales que desembocan directamente en la costa (Córdoba *et al.* 2014). Estas especies usan las quebradas como hábitat temporal aprovechando la oferta de alimento y refugio. Para el caso de las especies carnívoras y generalistas como *D. monticola*, *E. picta*, *G. maculatus*, *G. polylepis*, *G. juradoensis* y *R. bayanus*, las quebradas de la isla son un hábitat abundante en entomofauna acuática, especialmente de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Diptera (Zúñiga *et al.* 2014); de igual forma también abundan en densidades relativamente altas especies del orden Decapoda (Gómez-Aguirre *et al.* 2009). Algas unicelulares, filamentosas y parenquimosas encuentran en las quebradas de la isla un ambiente idóneo para su crecimiento gracias a sus aguas cristalinas que facilitan el paso de la luz del sol (Sarria-S *et al.* 2014). Estas algas forman biopelículas que pudieran estar sirviendo de sustento para especies herbívoras como *Sicydium* sp. y *A. transandeanus*.

La teoría de biogeografía de islas sostiene que el número de especies presentes en una isla, está determinado por su tamaño y heterogeneidad, así como por su distancia al continente (MacArthur y Wilson 1967), donde las islas de mayor tamaño presentan tasas de extinción menores que las islas más pequeñas. Para los peces primarios el ámbito de distribución dentro de la isla se ve limitado solo a las quebradas y lagunas. Esta pequeña área habitable sumado



**Figura 4.** Análisis de correspondencia canónica entre las variables ambientales y las abundancias de especies de peces del PNN Isla Gorgona. **a.** Análisis para todas las quebradas. **b.** Análisis solo para las quebradas de la zona este.

a la lejanía de la isla y el continente, posiblemente explican porque *T. gorgona* es la única especie estrictamente dulceacuícola presente en Gorgona. *T. gorgona* es una especie pequeña que guarda una relación muy cercana con especies que alcanzan poco tamaño como *T. taenia* Kner, 1863 o *T. spolisoma* (Regan, 1913) (Maldonado-Ocampo 2012), especies con tallas máximas de 8cm y comunes de las zonas continentales cercanas a la isla. Al igual que es-

tas especies, *T. gorgona* posee características en común como su morfología (ojos muy reducidos), su comportamiento (hábitos fosoriales) y su predilección por cauces bajos, e incluso también podría compartir su resistencia a variaciones en el oxígeno, a la temperatura y al pH. En las quebradas del PNN Gorgona *T. gorgona* pudiera estar hallando sustento alimenticio en macro invertebrados, lo que explicaría su mayor abundancia en quebradas de

**Tabla 2.** Abundancias de las especies registradas para temporadas y zonas.

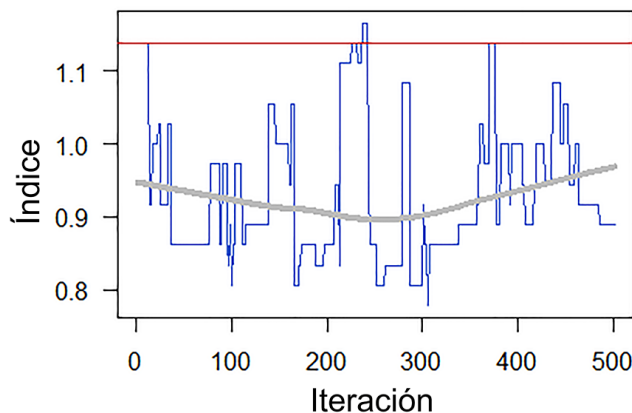
Especies	Abundancia			
	Zona este		Zona oeste	
	Temporada seca	Temporada de lluvia	Temporada seca	Temporada de lluvia
<i>Trichomycterus gorgona</i>	2	0	16	19
<i>Eleotris picta</i>	11	12	2	4
<i>Gobiomorus maculatus</i>	9	6	3	1
<i>Gobiomorus polylepis</i>	0	0	0	1
<i>Sicydium sp.</i>	20	25	22	20
<i>Awaous transandeanus</i>	3	8	0	0
<i>Gobiesox juradoensis</i>	7	13	4	16
<i>Dajaus monticola</i>	183	94	94	58
<i>Rhonciscus bayanus</i>	6	7	0	0



menor caudal donde tienen menor competencia por el alimento con especies más grandes y voraces como *E. picta* o *G. maculatus*.

Se tiene conocimiento que el lado este tiene temperaturas más cálidas y corrientes más lentas que van en dirección a la costa de la isla (Giraldo *et al.* 2008). Esto podría favorecer la retención de individuos y beneficiar la llegada de migrantes de sitios cercanos; *A. transandeanus* y *R. bayanus* se encuentran solo en esta zona. Por otra parte, la zona oeste posee temperaturas más bajas, corrientes más rápidas y que en su mayoría fluyen en dirección noreste-suroeste alejándose de la isla lo que estaría facilitando la dispersión de las larvas y facilitando la llegada de larvas de regiones más alejadas. Esto explicaría la presencia de *G. polylepis* exclusivamente en la zona oeste de la isla, especie que se distribuye originalmente en Centroamérica (Bussing 1998) y hasta el presente trabajo no estaba registrada en Colombia. El resto de especies se encuentran igualmente en ambas zonas de la isla.

En las quebradas de mayor caudal y mayor área abundan especies que alcanzan tallas máximas grandes como *E. picta*, *G. maculatus*, *G. polylepis* y *R. bayanus* (Fig. 4). Por otra parte, las quebradas con caudales más bajos son hábitats que facilitan el crecimiento de algas filamentosas y algunos macro invertebrados (Zúñiga *et al.* 2014 Sarria-S *et al.* 2014), en este tipo de quebradas predominaron especies como *G. juradoensis* y *T. gorgona*.



**Figura 5.** Comparación entre valores esperados y observados en la co-ocurrencia de especies de peces en las quebradas del PNN isla Gorgona. En el eje x se observan las repeticiones de las simulaciones de acuerdo al modelo nulo y en el eje y los valores del c-score. La curva gris muestra la tendencia de las repeticiones, la línea roja el valor observado, y la azul el comportamiento de las repeticiones.

*D. monticola* contribuyó en mayor medida a las diferencias entre quebradas seguida por *T. gorgona*. *D. monticola* se encontró distribuida a lo largo de la mayoría de sitios y quebradas, además de ser la especie más abundante. Por lo cual, su ausencia en algunos lugares causa diferencias notorias. Lo contrario sucede con *T. gorgona*, quien se encuentra en una abundancia alta en solo dos quebradas (Rio 1 y Rio 2) y con solo un individuo en una (Piscina) siendo estas protagonistas de un número alto de diferencias.

De acuerdo con Valencia *et al.* (2009), las quebradas cercanas al poblado (Poblado, Buceo y Piscina) poseen una alta tasa de cambio y densidad en el uso de suelos, además poseen una mayor carga de microorganismos, por lo cual fueron catalogadas como intervenidas. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la composición de especies relacionada con la intervención, lo cual indica que la actividad humana parece no estar influyendo en la composición de las especies de peces que usan estos sistemas en el PNN Gorgona.

Se observó una preferencia muy marcada en *G. juradoensis* y *Sicydium* sp. por quebradas con bajos niveles de caudal, los cuales son escenarios perfectos para la proliferación de macroinvertebrados y algas de variados tipos

**Tabla 3.** Comparaciones de la abundancia y la riqueza de peces en el PNN Gorgona entre zonas, temporadas, temporadas anidadas en las zonas y quebradas anidadas en las zonas, mediante modelos lineales mixtos y composición de especies mediante prueba de ANOSIM. Los valores significativos se encuentran resaltados en negrilla.

Contraste	Abundancia	Riqueza	Composición de especies	
	P		R	P
Zona (este y oeste)	0,3574	<b>0,01</b>	0,1753	<b>0,002</b>
Temporada (lluviosa y seca)	0,6523	0,06	0,0427	0,065
Zona: Temporada	0,7520	0,77		
Zona: Quebrada	<b>3,302e-15</b>	<b>3,016e-05</b>		
Quebradas			0,3304	<b>0,001</b>
Estado (intervenidas y no intervenidas)			0,0098	0,39

Tabla 4. Contribución porcentual de las especies de peces del PNN Gorgona a la diferencia entre quebradas y zonas.

Contraste	<i>D. monticola</i>	<i>T. gorgona</i>	<i>Sicidyum</i> sp.	<i>G. juradoensis</i>	Disimilitud media
Camaronera -Rio1	43,5	22,5	12,4	6,4	88,3
Camaronera -Rio2	46,8	9,0	13,5	7,7	80,7
Camaronera -Azufrada	37,3	0,0	13	6,8	63,3
Camaronera -Yundigua	39,8	0,0	14,6	4,4	64,6
Camaronera -Piscina	40,0	4,3	12,3	2,8	69
Rio1 -Azufrada	24,8	35,2	2,2	13,5	81,1
Rio1 -Yundigua	28	35,3	7,2	9,6	85,3
Rio1 -Buceo	42,9	18,7	8,8	4,9	88,5
Rio1 -Piscina	27,8	31,7	1,8	7,1	78,1
Rio1 -Poblado	47,2	28,8	0,9	5,8	85,3
Rio2 -Azufrada	27	14,8	2,6	14,1	64,8
Rio2 -Yundigua	33,3	15	8,6	12	75,4
Rio2 -Poblado	52,6	11,5	1,1	8,8	76,9
Azufrada -Buceo	34,5	0,0	9,4	4,9	63,6
Azufrada -Piscina	32,8	7,1	3,8	10,5	68,5
Azufrada -Poblado	37,7	0,0	2,8	8,1	54,3
Yundigua -Buceo	34,8	0,0	10,8	2,7	61,9
Yundigua -Piscina	39,2	7,2	9	5,2	75,8
Buceo -Piscina	39,8	3,1	9	1,6	69,8
Piscina-Poblado	46	5,5	2,4	0,8	65,4
ZONAS	34,4	12,2	8,7	6,6	69,6

(Zúñiga *et al.* 2014), que sirven de alimento para estas especies. *T. gorgona* por su lado parece también preferir quebradas de bajos caudales, con coberturas de dosel mayores (de poca incidencia de luz) y temperaturas bajas, esto tal vez esté relacionado con sus hábitos fosoriales.

## CONCLUSIONES

El elenco taxonómico reportado en este trabajo es el más alto encontrado hasta la fecha para el PNN Isla Gorgona. Las nueve especies registradas son endémicas del Pacífico oriental tropical. De estas nueve, seis son de amplia distribución en toda la cuenca, *G. juradoensis* y *Sicidyum* sp. tienen una distribución restringida a los ambientes cos-

teros dulceacuícolas del norte de Suramérica (Colombia-Panamá) y una es endémica del PNN Isla Gorgona. Ocho de las nueve especies recolectadas, se mueven durante su ciclo de vida entre el océano y las quebradas, confirmando la importancia de las especies ícticas marinas en la colonización de estos ambientes dulceacuícolas. Se mantiene la presencia de *Trichomycterus gorgona* como la única especie endémica dulceacuícola primaria en la isla. Se resalta la ausencia de *Hemieleotris latifasciata*, especie que incluso se ha reportado como la más abundante en zonas como La laguna. La vertiente geográfica (zonación este-oeste) de la isla, así como el caudal de las quebradas parecen estar influenciando la riqueza, abundancia y composición de especies en Gorgona mientras que ni la temporada, ni el nivel de

intervención parecen tener influencia en estos parámetros comunitarios. Tampoco se encontró evidencia que indique que la distribución de las especies de peces se vea afectada por algún tipo de competencia interespecífica.

## PARTICIPACIÓN DE LOS AUTORES.

JA concepción, diseño, toma de datos, análisis, y escritura del documento, JT concepción, diseño, toma de datos, y escritura del documento.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos especiales a Parques Nacionales Naturales de Colombia, en específico al personal del PNN Isla Gorgona. Al Dr. Armando Ortega Lara por la ayuda académica y el préstamo de equipos, a la M. Sc. Stephania Rojas por su indispensable ayuda en campo y laboratorio, al biólogo Andrés Carmona por su ayuda en campo, al biólogo Francisco Cano por la elaboración del mapa, y al profesor Wilmar Torres por su ayuda en el análisis de datos. Esta es la contribución número 24 del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología (INCIMAR), Universidad del Valle.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

## LITERATURA CITADA

- Albert JS, Reis R, editors. 2011. Historical biogeography of Neotropical freshwater fishes. Berkeley and Los Angeles, California: University of California Press. doi: <https://doi.org/10.1525/9780520948501>
- April R. c2018. Package parallel. p. 1–14. [Revisada en: 7 feb 2018] <https://stat.ethz.ch/R-manual/R-devel/library/parallel/doc/parallel.pdf>
- Betancur-R R, Wiley EO, Arratia G, Acero A, Bailly N, Miya M, Leconte G, Ortí G. 2017. Phylogenetic classification of bony fishes. *BMC Evol. Biol.* 17(1):1–40. doi: <https://doi.org/10.1186/s12862-017-0958-3>
- Blanco JF. 2009. características físico-químicas de las quebradas del parque nacional natural Gorgona, pacífico colombiano. *Actual Biol.* 31(91): 123 -140.
- Briggs JC. 1955. A monograph of the clingfishes order xenopterygii. Stanford California: Stanford Ichthyological Bulletin 6.
- Brown JH, Lomolino M. 2000. Concluding remarks: historical perspective and the future of island biogeography theory. *Global Ecol. Biogeogr.* (9): 87-92. doi: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2699.2000.00186.x>
- Bussing WA. 1998. Peces de las aguas continentales de costa rica. Sexta edición. Costa Rica: Editorial universidad de Costa Rica.
- Cala P. 1990. Biodiversidad en aguas dulces de la isla. Colombia: Biota y ecosistemas de Gorgona.
- Cantera J, Orozco JR, Londoño-Cruz E, Toro-Farmer G. 2003. Abundance and distribution patterns of infaunal associates and macroborers of the branched coral (*Pocillopora damicornis*) in Gorgona Island (eastern tropical Pacific). *B. Mar. Sci.* 72(1):207-219.
- Chao A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scan. J. Stat.* 265-270.
- Colwell RK. c2013. EstimateS (12.3.97.96) [Software]. Microsoft. <https://www.robertkcolwell.org/pages/estimates>
- Córdoba DF, A Giraldo. 2014. Ensamble íctico en corrientes de agua dulce de Isla Palma, (Bahía Málaga, Pacífico Colombiano). *Bol. Cient. Mus. Hist. Nat.* 18:111-124.
- Díaz M, Pinzón JH, Perdomo AM, Barrios LM, López-Victoria M. 2001. Gorgona marina: contribución al conocimiento de una isla única. Serie Publicaciones Especiales. Santa Marta: INVEMAR.
- DoNascimento C, Herrera-Collazos EE, Herrera-R GA, Ortega-Lara A, Villa-Navarro FA, Oviedo JSU, Maldonado-Ocampo JA. 2017. Checklist of the freshwater fishes of Colombia: a Darwin Core alternative to the updating problem. *ZooKeys* 708:25-138. doi: <https://doi.org/10.3897/zookeys.708.13897>
- DoNascimento C, Bogotá-Gregory JD, Albornoz-Garzón JG, Méndez-López A, Villa-Navarro, Herrera-Collazos EE, Agudelo-Zamora H, Arce M. c2021. Lista de especies de peces de agua dulce de Colombia / Checklist of the freshwater fishes of Colombia. v. 2.13. Asociación Colombiana de Ictiólogos. Dataset/Checklist. [Revisada en: 01 ene de 2021] <https://doi.org/10.15472/numrso>.
- Giraldo A, Rodríguez-Rubio E, Zapata F. 2008. Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 36(1):121-128.
- Gómez-Aguirre AM, Longo-Sánchez MC, Blanco JF. 2009. Macroinvertebrate assemblages in Gorgona Island streams: spatial patterns during two contrasting hydrologic periods. *Actual Biol.* 31(91):161-178.
- Fernández L, Schaefer SA. 2005. New Trichomycterus (Siluriformes: Trichomycteridae) from an Offshore Island of Colombia. *Copeia* (1):68-76. doi: <https://doi.org/10.1643/CI-04-177R1>
- Gibert C, Escarguel G. 2019. PER—SIMPER—A new tool for inferring community assembly processes from taxon occurrences. *Glob. Ecol. Biogeogr.* 28(3):374-385. doi: <https://doi.org/10.1111/geb.12859>
- Giraldo A, Rodríguez-Rubio E, Zapata F. 2008. Condiciones oceanográficas en isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 36(1):121–128.

- Gómez-Aguirre AM, Longo-Sánchez MC, Blanco JF. 2009. Ensamblaje de macroinvertebrados de las quebradas de la isla Gorgona: patrones espaciales durante dos periodos hidrológicos contrastantes. *Actual Biol.* 31(91):161-178.
- Green P, Ben M. 2019. R Topics. [Revisada en: 7 Feb 2018] <https://github.com/lme4/lme4/>
- Hart E, Ellison A, Hart ME. 2015. Package EcoSimR. [Revisada en: 7 Feb 2018] <https://github.com/GotelliLab/EcoSimR/issues>
- Longo-Sánchez M, Gómez-Aguirre A, Blanco J, Zamora-González H. 2009. c. Cambios multianuales y espaciales de la composición y estructura del ensamblaje de insectos acuáticos en las quebradas perennes del PNN Gorgona. *Actual Biol.* 31(91):141-160.
- López N. 2006. Los moradores de Gorgona: protagonistas de un paradigma penitenciario en Colombia. 1959-1975. *Anu. Colomb. Hist. Soc. Cult.* 33:183-206.
- MacArthur RH, Wilson EO. 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton NJ, USA: Princeton University Press.
- Maldonado-Ocampo JA, Usma-Oviedo JS, Villa-Navarro FA, Ortega-Lara A, Prada-Pedrerros S, Jimenez LF, Jaramillo-Villa U, Arango A, Rivas TS, Sanchez-Garces GC. 2012. Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Colombia. Bogotá, Colombia: Union Gráfica.
- McDowall RM. 2009. Making the best of two worlds: diadromy in the evolution, ecology and conservation of aquatic organisms. *Am. Fish S. S.* 69(1):1-22.
- Myers GS. 1938. *Fresh water fishes and West Indian zoogeography*. 3465. Washington, USA: US Government Printing Office.
- Oksanen AJ, Blanchet FG, Friendly M, Kindt R, Legendre P, Mcglinn D, Minchin PR, *et al.* 2019. Package vegan. [Revisada en: 7 Feb 2018] <https://cran.r-project.org>, <https://github.com/vegandevs/vegan/>
- Oneal AR. 1995. A simple method for improving control area performance: area control error (ACE) diversity interchange ADI. *IEEE Transactions on Power Systems* 10(2):1071-1076.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Revisada en: 16 Ene 2018] <http://www.R-project.org/>
- Ripley B, Venables B, Bates DM, Hornik K, Gebhardt A, Firth D. 2022. Package MASS. [Revisada en: 7 Feb 2018]. <http://www.stats.ox.ac.uk/pub/MASS4/>
- Rubio EA, Gutiérrez B, Franke R. 1987. *Peces de la isla Gorgona*. Valle, Cali: Programa editorial Universidad del Valle.
- Sarria-S F, González OP, García-Aldrete AN. 2014. Psocoptera (Insecta: Psocodea) from the National Natural Park Gorgona, Cauca, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* 62(1):243-256. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.16337>
- Valencia-G S, Pérez-Z GJ, Lizarazo-M PX, Blanco JF. 2014. Patrones espacio-temporales de la estructura y composición de la hojarasca en las quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona. *Actual Biol.* 31(91):197-211.
- Valencia S, Lizarazo-M PX. 2009. Caracterización de la composición microbiana de cuatro quebradas del Parque Nacional Natural Gorgona. *Actual Biol.* 31(91):213-226.
- Villa-Navarro F, Mesa-Salazar L, Sanchez-Duarte P, Lasso C. 2016. *Trichomycterus gorgona*. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T64792679A64890625. [Revisada en: 7 Feb 2018] <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T64792679A64890625.en>
- Villa J. (1982). *Peces nicaragüenses de agua dulce*. Managua: Fondo de Promoción Cultural del Banco de América.
- Zapata LA, Beltrán BS, Collazos A, Prahel HV. 1991. Estudio de la macrofauna asociada a la quebrada La Camaronera, isla Gorgona, Pacífico colombiano. *Cespedesia* 18(61):23-51.
- Zubcoff J. 2012. ANOSIM. Analysis of similarities. *Estadística Aplicada*.
- Zúñiga MDC, Cardona W, Molineri C, Mendivil J, Cultid C, Chará AM, Giraldo A. 2014. Entomofauna acuática del Parque Nacional Natural Gorgona, Pacífico colombiano, con énfasis en Ephemeroptera y Plecoptera. *Rev. Biol. Trop.* 62(Suppl 1):221-241. doi: <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.16278>