

<https://doi.org/10.15517/ych5j867>

## Composición íctica y su variación a lo largo de un gradiente de elevación en la cuenca del río Grande de Térraba: relevancia para la pesca sostenible

Jorge Picado-Barboza<sup>1\*</sup>;  <https://orcid.org/0000-0002-4738-0026>1. Asociación Amigos de la Naturaleza del Pacífico Central y Sur; Costa Rica; [jpicaobiocconsult@gmail.com](mailto:jpicaobiocconsult@gmail.com)

Recibido 01-IX-2025. Corregido 06-IV-2026. Aceptado 07-VII-2026.

### ABSTRACT

#### Fish composition and its variation along an elevation gradient in the Rio Grande de Térraba basin: relevance for sustainable fisheries

**Introduction:** The Grande de Térraba River basin is one of the main drainage systems in the Costa Rican Brunca region. Previous studies on the ichthyological composition and distribution in this basin have only covered the main channel and have not included sites above 145 meters above sea level.

**Objectives:** Integrate, update, and expand the analysis of the composition and distribution of the ichthyofauna along the elevation gradient of this basin, with an emphasis on species of fishing interest.

**Methods:** Fish records were compiled and expanded in 258 localities sampled between 2004 and 2022. The sites were grouped into lower, middle and upper basins, and in the main or tributary channel; species were classified by habitat (freshwater, estuarine/euryhaline) and fishing importance. Species richness was compared between groups by event-based rarefaction (sampling site x date).

**Results:** A total of 77 fish species distributed in 27 families were recorded, with 11 species classified as primary target for fishermen and 26 as secondary. Species diversity decreases with elevation, being higher in the lower basin. Estuarine/euryhaline species predominate in the lower basin, with primary fishing species such as *Rhonciscus bayanus*, *Eugerres brevimanus*, *Centropomus viridis*, *C. nigrescens*, *Lutjanus jordanii*, and *L. novemfasciatus* reaching elevations of over 500 meters above sea level, corresponding to up to 145 km upstream. Freshwater species show a more constant distribution across different sections, with *Brycon behreae* being the most important species for fishing within this group.

**Conclusions:** The ichthyofauna community of the Grande de Térraba River presents a clear variation in species distribution along the elevation gradient. Sustainable fishing strategies should consider the protection of different habitats to maintain ecological balance.

**Key words:** Grande de Térraba; elevation gradient; beta diversity; continental fishing.

### RESUMEN

**Introducción:** La cuenca del río Grande de Térraba es uno de los principales sistemas de drenaje de la región Brunca de Costa Rica. Estudios previos sobre la composición y distribución ictiológica en esta cuenca solo han abarcado el cauce principal y no han incluido sitios sobre los 145 m.s.n.m.

**Objetivos:** Actualizar y ampliar el análisis sobre la composición y distribución de la ictiofauna a lo largo del gradiente de elevación de esta cuenca, con énfasis en las especies de interés para la pesca.

**Métodos:** Se compilaron y ampliaron los registros de peces en 258 localidades muestreadas entre 2004 y 2022. Los sitios se agruparon en cuenca baja, media y alta, y en cauce principal o tributario; las especies se clasificaron según hábitat (dulceacuicola, estuarina/eurihalina) e importancia pesquera. La riqueza de especies se comparó entre grupos mediante rarefacción basada en eventos (sitio × fecha de muestreo).



**Resultados:** Se registraron 77 especies de peces distribuidas en 27 familias, un total de 11 especies se clasifican como mayor importancia para los pescadores y 26 como menor importancia. La diversidad de especies disminuye con la elevación, siendo mayor en la cuenca baja. Las especies estuarinas/eurihalinas predominan en la cuenca baja, las especies de mayor importancia para la pesca *Rhonciscus bayanus*, *Eugerres brevimanus*, *Centropomus viridis*, *C. nigrescens*, *Lutjanus jordani* y *L. novemfasciatus* alcanzan elevaciones de más de 500 m.s.n.m. correspondiendo hasta 145 km aguas arriba. Las especies dulceacuícolas muestran una distribución más constante en los diferentes tramos, entre este grupo *Brycon behreae* es la especie de mayor interés para la pesca.

**Conclusiones:** La comunidad íctica del río Grande de Térraba presenta una clara variación en la distribución de las especies a lo largo del gradiente de elevación. Las estrategias de pesca sostenible deben considerar la protección de los diferentes hábitats para mantener el equilibrio ecológico.

**Palabras clave:** Grande de Térraba; gradiente de elevación; diversidad beta; pesca continental.

## INTRODUCCIÓN

En Costa Rica podemos encontrar tres de las cuatro provincias ícticas que se han identificado para Mesoamérica. El país alberga 137 especies de peces de agua dulce (39.14 %) del total de las 350 especies mesoamericanas. Los peces dulceacuícolas de la Región Brunca, correspondiente al Pacífico Sur de Costa Rica, pertenecen a la provincia íctica ístmica, y se caracterizan por un alto endemismo.

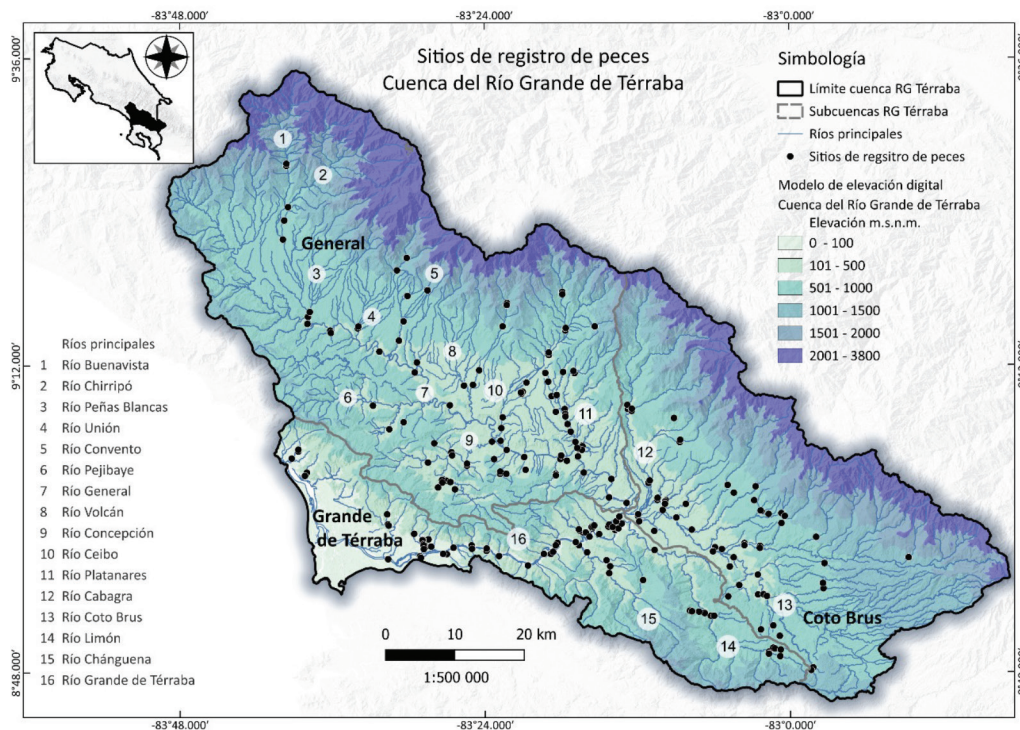
A partir del trabajo de Bussing (1998), las investigaciones sobre las comunidades de peces dulceacuícolas de la región Brunca se han enfocado en la actualización de su distribución geográfica (Angulo et al., 2020; Arguedas, 2020; Arscott et al., 2010; Bussing, 1998; Gómez-Hoyos et al., 2018; Rojas & Rodríguez, 2008), así como aspectos de la ecología reproductiva, desarrollo embrionario y cambios ontogénicos en la dieta (Cotta-Ribeiro & Molina-Ureña, 2009; Ribeiro & Umaña-Villalobos, 2009). Rojas y Rodríguez (2008) realizaron una descripción de la diversidad y abundancia de la ictiofauna del Río Grande de Térraba, abarcando sitios desde 15 m.s.n.m. en el sector de Palmar Norte hasta los 145 m.s.n.m. en el sector denominado El Brujo. Por su parte, Gómez-Hoyos et al. (2018) publicó el registro de especies de peces en la cuenca del río Cotón, tributario del Río Coto Brus. A pesar de los valiosos aportes de estos estudios, ninguno ha realizado un esfuerzo de muestreo que permita abarcar la distribución completa de las especies de peces a diferentes elevaciones de la cuenca del río

Grande de Térraba, así como la importancia de estas especies para la pesca en la cuenca.

Los estudios socioeconómicos desarrollados por el Instituto Costarricense de Electricidad [ICE] (ICE, 2019) indican que en el RGT se desarrolla principalmente la pesca de subsistencia y recreativa en la cuenca media y alta, mientras que hacia la cuenca baja y desembocadura se incluye además la pesca artesanal de pequeña escala con fines comerciales. El presente trabajo busca integrar, actualizar y ampliar el análisis sobre la composición y distribución de la ictiofauna a lo largo del gradiente de elevación de los hábitats dulceacuícolas de la cuenca del Río Grande de Térraba, con énfasis en las especies de interés para la pesca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio:** El análisis se concentra en la cuenca del Río Grande de Térraba (4°41.04' - 5°47.18' N & 78° 57.58' - 79°46.07' W), integrada por dos subcuencas. La subcuenca del río General, que nace en el Cerro Chirripó (3 820 m.s.n.m.), recorre aproximadamente 121 km hasta la confluencia con el río Coto Brus, con pendientes de más del 90% en su extremo de mayor elevación. La subcuenca del río Coto Brus, que nace a 2 460 m.s.n.m. y recorre una longitud de 68 km hasta la confluencia con el río General; en la zona montañosa presenta pendientes del 60 %, mientras que en la confluencia la pendiente es cercana a 0.2 % (Fig. 1). Luego de la confluencia entre el río General y el



**Fig. 1.** Sitios de registro de peces sobre el modelo de elevación digital, subcuencas y ríos principales de la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica, periodo 2004-2022. / **Fig. 1.** Fish record sites on the digital elevation model, sub-basins and main rivers of the Grande de Térraba river watershed, Costa Rica, period 2004-2022.

río Coto Brus se origina el río Grande de Térraba, el cual recorre 66 km hasta desembocar al océano Pacífico por varias aperturas o “bocas” en el Humedal Nacional Térraba Sierpe; en este tramo el río presenta una pendiente media del 0.16 % (ICE, 2019). La amplia red de drenaje incluye múltiples cauces los cuales se pueden agrupar en 16 microcuencas (Fig. 1).

La información utilizada en el presente estudio corresponde a las bases de datos generadas por el ICE sobre la fauna acuática y los estudios socioeconómicos de la cuenca del río Grande de Térraba (RGT) durante el periodo 2004-2018 (ICE, 2019). Es importante reconocer a los biólogos Rodrigo Rojas y Omar Rodríguez como los precursores de esta base de datos, quienes publicaron los registros de peces de los primeros 14 muestreos realizados entre 2004-2005 en 4 sectores del río Grande de Térraba (Rojas & Rodríguez, 2008). A partir del

año 2006, el presente autor fue el responsable de completar la base de datos del ICE, misma que se complementó con los inventarios realizados por la Asociación Amigos de la Naturaleza del Pacífico Central y Sur durante el periodo 2021-2022 (ASANA, 2022).

La colecta de los peces se realizó en cauces principales y tributarios a lo largo de distintos pisos de elevación fuera del sector estuarino. El esfuerzo de muestreo se divide en dos grandes periodos: entre los años 2004-2009 se utilizó una combinación de artes de pesca y a partir del año 2010 predominó el uso de la pesca eléctrica (Tabla 1). Durante el primer periodo de muestreos se utilizó redes de arrastre de 100 m de longitud con luz de malla de 1½, 2 y 3½ pulgadas desde un bote con motor fuera de borda en pozas grandes del cauce principal de los ríos General y Grande de Térraba, registrando el número de arrastres. Adicionalmente,



Tabla 1

Esfuerzo de muestreo para la captura de peces según arte de pesca, tramo de elevación y periodo de muestreo en la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica. / **Table 1.** Sampling effort for fish catch according to fishing gear, elevation section and sampling period in the Grande de Térraba river watershed, Costa Rica.

| Arte de captura | Tramo de cuenca y periodo de muestreo |           |           |           |           |           |
|-----------------|---------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                 | Baja                                  |           | Media     |           | Alta      |           |
|                 | 2004-2009                             | 2010-2022 | 2004-2009 | 2010-2022 | 2004-2009 | 2010-2022 |
| Arrastre 1 1/2  | 24                                    | 0         | 29        | 0         | 0         | 0         |
| Arrastre 2      | 10                                    | 0         | 12        | 0         | 0         | 0         |
| Arrastre 3 1/2  | 34                                    | 0         | 42        | 0         | 0         | 0         |
| Atarraya        | 41                                    | 2         | 111       | 0         | 4         | 0         |
| Chinchorro      | 10                                    | 0         | 10        | 0         | 0         | 0         |
| Electropesca    | 43                                    | 56        | 100       | 152       | 4         | 17        |

se utilizaron atarrayas de 6 y 8 pies para peces de media agua, registrando el número de lances por jornada; red de arrastre manual “chinchorro” rectangular (2 × 6 m) se utilizó en sectores de baja corriente, anotando el número de arrastres y la distancia recorrida (<5 m). En los tributarios y la orilla de los cauces principales se utilizó un equipo de pesca eléctrica modelo Samus 725 GN y Smith-Root LR-24 calibrado en sitio según la conductividad del agua (150–200 W, ~400 V, 80–99 Hz). En este caso se registró el tiempo efectivo de captura en cada sitio. Adicionalmente, en cada sitio se registró el valor de temperatura del agua (°C) y la elevación (m.s.n.m.).

Los peces capturados se colocaron en un balde plástico con abundante agua y oxígeno, también se utilizaron nasas que se colocaron dentro del río para mantener los individuos con vida. Cada pez fue identificado a nivel de especie, utilizando la guía “Peces de las aguas continentales de Costa Rica” (Bussing, 1998). Se tomaron medidas morfométricas de longitud estándar (LS), longitud total (LT) y altura corporal (ALT) con un vernier (marca Stanley, ±0.005 mm) y un ictiómetro convencional (±0.5 cm). Todos los individuos fueron liberados en el mismo sitio de colecta. En total se cuenta con 57 094 registros de peces distribuidos en 258 localidades (Fig. 1), abarcando el ámbito de elevación en el cual se distribuyen la mayoría de los peces nativos dulceacuícolas de Costa Rica (3 - 1 425 m.s.n.m.) (Bussing, 1998).

Análisis de los datos

Los sitios de muestreo se agruparon según tramos de elevación: cuenca baja (3–100 m.s.n.m.), cuenca media (101–1 000 m.s.n.m.) y cuenca alta (>1 000 m.s.n.m.), y se clasificaron además como cauce principal (Río Grande de Térraba y río General) o cauce tributario. Para el análisis se definió un evento de muestreo como la combinación sitio × fecha y se construyó una matriz de presencia/ausencia con dimensión evento × especie. Las especies se clasificaron de acuerdo con su hábitat principal (dulceacuícola, estuarina/eurihalina) tomando como base los trabajos de Bussing (1998) y Bussing & López (2011), y su importancia para la pesca como mayor, menor o ninguna importancia, según los estudios socioeconómicos del ICE (2019).

Todos los cálculos se realizaron en R versión 4.5.1 (R Core Team, 2024) a través de la interfaz RStudio, versión 2025.05.1 (Posit team, 2025). La riqueza de especies se comparó entre grupos mediante rarefacción basada en eventos, estandarizando el número de eventos analizados (m) al mínimo disponible entre los grupos comparados (m=24). La incertidumbre de la riqueza rarefactada se estimó mediante remuestreo bootstrap (intervalos de confianza del 95%). Las diferencias entre tramos altitudinales se evaluaron mediante pruebas de permutación a nivel de eventos, incluyendo una prueba global y comparaciones por pares

entre tramos. Asimismo, se comparó la riqueza entre cauce principal y cauce tributario dentro de cuenca media y cuenca baja. Los valores de  $p$  de las comparaciones múltiples se ajustaron mediante el método de Holm.

Debido a que las características geomorfológicas del río y sus afluentes condicionan el uso de distintos artes de muestreo a lo largo del gradiente altitudinal (por ejemplo, redes de arrastre no pueden emplearse en sectores estrechos de cabecera), el conjunto de datos incluye diferentes métodos de captura según el tramo. Para evaluar si los patrones observados podían estar influenciados por estas diferencias metodológicas y por posibles variaciones en detectabilidad entre artes, se realizó un segundo análisis restringido a registros obtenidos mediante electropesca, un método aplicable en todos los tramos del gradiente. En este caso la rarefacción se estandarizó a  $m = 21$  eventos. La robustez de los resultados se evaluó repitiendo el análisis del conjunto completo con valores menores de rarefacción ( $m = 20$  y  $m = 15$ ) y el análisis de electropesca con  $m = 15$ .

La variación en la composición de especies se analizó mediante un análisis de diversidad beta ( $\beta$ ) utilizando el índice de Sorensen y cada uno de sus componentes:  $\beta_{sor}$  (Sorensen total): recambio + anidamiento,  $\beta_{sim}$  (recambio): fracción debida al reemplazo de especies entre sitios y  $\beta_{sne}$  (anidamiento): fracción debida a que un grupo de especies es subconjunto de otro grupo (pérdida/ganancia sin reemplazo), este análisis se realizó con el paquete betapart versión 1.6.1 (Baselga & Gómez-Rodríguez, 2019; Baselga et al., 2025). La variación en la composición de especies se complementó con un diagrama de Venn versión 1.12 (Dusa, 2024) y se utilizó el paquete ggplot2 versión 3.5.2 para graficar los principales resultados (Wickham, 2016).

## RESULTADOS

La ictiofauna registrada está distribuida taxonómicamente en 27 familias, 58 géneros y 77 especies. La familia de las mojarra y guapotes (Cichlidae), las sardinas dulceacuícolas

(Characidae) y los bagres (Ariidae) son las de mayor riqueza con 7 especies cada una, luego se encuentra la familia de las olominas (Poeciliidae) y los robalos (Centropomidae) con 6 especies, y las guabinas (Eleotridae) con 5 especies. Por su parte, algunas familias solo poseen una especie conocida y/o registrada en la cuenca: Gobiesocidae, Lebiasinidae, Loricariidae, Synbranchidae, Rivulidae y Trichomycteridae. Resalta la presencia de 14 especies de peces que presentan endemismo circunscrito a la región Brunca de Costa Rica y algunas compartidas con el Pacífico Norte de Panamá (Tabla 1).

Un total de 41 especies de peces son estrictamente dulceacuícolas, mientras que 36 especies se clasifican como estuarina/eurihalina (Tabla 1). Las especies con mayor número de registros fueron todas dulceacuícolas: el chupapiedras (*Sicydium salvini*) con un 18 158 individuos, correspondientes al 31.7 % del total de registros en la cuenca, la machaca (*Brycon behreae*) con 6 324 individuos (11 %), el tepe-mechín (*Dajaus monticola*) 5 351 (9.3 %), la mojarra parda (*Talamancaheros sieboldii*) 4 728 (8.3 %), la sardina de río (*Astyanax orstedii*) 3 008 (5.3 %), la olomina (*Poecilia gillii*) 2 558 (4.5 %) y la sardinita del térraba (*Eretmobycon terrabensis*) con 2 438 individuos (4.3 %). Entre las especies estuarina/eurihalina la especie conocida como lisa (*Mugil curema*) es la que cuenta con el mayor número de registros con 254 (22.5 %), seguida de la cahuacha (*Eugeres brevimanus*) 184 (16.3 %), el robalo blanco (*Centropomus viridis*) 164 (14.5 %), el pejerrey plateado (*Atherinella argentea*) 125 (11.1 %), el robalo negro (*Centropomus nigrescens*) 91 (8.1 %) y el roncadador de río (*Rhonciscus bayanus*) 66 (5.9 %) (Tabla 1).

Las especies de mayor talla reportada (LS) corresponden a *C. viridis* (LS = 56.7 cm), la carpa china *Cyprinus carpio* (LS = 56.5 cm), *C. nigrescens* (LS = 55.8 cm), *B. behreae* (LS = 54.4 cm), el robalo aleta negra *Centropomus medius* (LS = 42 cm) y *R. bayanus* (LS = 41 cm). Cabe mencionar que el 72.2 % de las especies estuarina/eurihalina se reportan de interés para la pesca, las de mayor importancia corresponden a los robalos y gualajes – género *Centropomus*



(*C. armatus*, *C. medius*, *C. nigrescens*, *C. robalito*, *C. unionensis* y *C. viridis*), los pargos – género *Lutjanus* (*L. colorado*, *L. jordani* y *L. novemfasciatus*), y el roncador (*R. bayanus*). Por su parte el 31.7 % de las especies dulceacuícolas se reportan de interés para la pesca; las de mayor importancia corresponden a la machaca (*B. behrae*), la tilapia (*Oreochromis niloticus*) y el guapote lagunero (*P. dovii*). Resalta la presencia de especies nativas fuera de su distribución natural, como es el caso del guapote amarillo (*Parachromis friedrichsthalii*) y el guapote lagunero (*P. dovii*) cuya distribución natural en Costa Rica corresponde a la vertiente del Caribe y Zona Norte, así como especies exóticas como carpa (*C. carpio*) y tilapia (*O. niloticus*) (Tabla 2).

En el conjunto completo de datos, la rarefacción estandarizada a 24 eventos por grupo evidenció un marcado gradiente altitudinal en la riqueza de especies. La riqueza total rarefactada fue menor en la cuenca alta (13.0 especies) que en la cuenca media (27.8–29.5 especies) y la cuenca baja (34.7–37.3 especies). Las pruebas de permutación indicaron diferencias significativas entre tramos ( $p = 0.0002$ ). Las comparaciones por pares mostraron menor riqueza en la cuenca alta en comparación con la cuenca media ( $p$  ajustada de Holm  $< 0.0001$ ) y la cuenca baja ( $p$  ajustada de Holm  $= 0.0012$ ), mientras que no se detectaron diferencias entre cuenca media y cuenca baja ( $p$  ajustada de Holm  $= 0.2390$ ). Asimismo, no se encontraron diferencias significativas entre cauce principal y

Tabla 2

Peces y talla (LS) registrados durante el periodo 2004-2022 según tramo de elevación en la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica. / **Table 2.** Fishes and size recorded during the period 2004-2022 according to elevational section of the Grande de Térraba river watershed, Costa Rica.

| Hab.          | Familia / especie                                | Cuenca baja<br>(3-100 m.s.n.m.) |           |     |      | Cuenca media<br>(101-1 000 m.s.n.m.) |           |    |      | Cuenca alta<br>(>1 000 m.s.n.m.) |           |    |      |
|---------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-----|------|--------------------------------------|-----------|----|------|----------------------------------|-----------|----|------|
|               |                                                  | n                               | LS (cm)   |     |      | n                                    | LS (cm)   |    |      | n                                | LS (cm)   |    |      |
|               |                                                  |                                 | $\bar{X}$ | DS  | Máx. |                                      | $\bar{X}$ | DS | Máx. |                                  | $\bar{X}$ | DS | Máx. |
| Dulceacuícola | Characidae                                       |                                 |           |     |      |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|               | <i>Astyanax orstedii</i>                         | 1393                            | 5.8       | 1.3 | 10.2 | 1570                                 | 5.9       | 1  | 10.6 | 45                               | 6.8       | 1  | 9.5  |
|               | <i>Brycon behrae</i> <sup>A</sup>                | 1498                            | 15        | 9.1 | 54.4 | 4565                                 | 10        | 7  | 48.4 | 242                              | 9.3       | 4  | 23.6 |
|               | <i>Eretmobrycon terrabensis</i> <sup>1</sup>     | 5                               | 3.7       | 0.7 | 4.8  | 1887                                 | 5.7       | 2  | 10.4 | 536                              | 5.7       | 2  | 10   |
|               | <i>Hyphessobrycon savagei</i> <sup>1</sup>       | 38                              | 3.5       | 0.6 | 5.4  | 21                                   | 4.4       | 2  | 8    |                                  |           |    |      |
|               | <i>Pseudocheiرون terrabae</i> <sup>1</sup>       | 64                              | 4.7       | 0.5 | 5.9  | 34                                   | 4.7       | 1  | 6.4  |                                  |           |    |      |
|               | <i>Pterobrycon myrnae</i> <sup>1</sup>           |                                 |           |     |      | 8                                    | 2.5       | 0  | 3.2  |                                  |           |    |      |
|               | <i>Roeboides ilseae</i> <sup>1</sup>             | 168                             | 6.5       | 1.9 | 11.3 | 895                                  | 6.2       | 1  | 13.2 | 7                                | 6.3       | 2  | 7.8  |
|               | Cichlidae                                        |                                 |           |     |      |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|               | <i>Amatitlania sajica</i> <sup>1</sup>           | 114                             | 4.1       | 1.5 | 8.9  | 119                                  | 4.4       | 2  | 8.8  | 150                              | 3.2       | 1  | 7.5  |
|               | <i>Cribroheros altifrons</i> <sup>1</sup>        | 68                              | 6.5       | 2.6 | 15.3 | 610                                  | 8.3       | 4  | 31.6 | 29                               | 6.6       | 2  | 13.6 |
|               | <i>Cribroheros diquis</i> <sup>1</sup>           | 3                               | 3.9       | 1.5 | 5.6  | 15                                   | 5.5       | 2  | 9.2  |                                  |           |    |      |
|               | <i>Oreochromis niloticus</i> <sup>A</sup>        | 31                              | 20        | 11  | 37   | 476                                  | 8.5       | 7  | 37.8 | 151                              | 5.4       | 1  | 17.3 |
|               | <i>Parachromis dovii</i> <sup>A</sup>            | 9                               | 7         | 3.3 | 12.1 | 311                                  | 7.8       | 5  | 37.2 | 70                               | 5.5       | 3  | 12.8 |
|               | <i>Parachromis friedrichsthalii</i> <sup>B</sup> |                                 |           |     |      | 32                                   | 6.4       | 2  | 11.4 |                                  |           |    |      |
|               | <i>Talamancaheros sieboldii</i> <sup>B</sup>     | 583                             | 6.2       | 2.4 | 20.5 | 3840                                 | 6.4       | 2  | 16.8 | 305                              | 5.5       | 2  | 14.5 |
|               | Poeciliidae                                      |                                 |           |     |      |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|               | <i>Brachyrrhaphis rhabdophora</i> <sup>1</sup>   | 103                             | 2.7       | 0.9 | 5.5  | 790                                  | 2.7       | 1  | 5.9  | 20                               | 4.3       | 1  | 5.2  |
|               | <i>Brachyrrhaphis terrabensis</i> <sup>1</sup>   | 1                               | -         | -   | 2    | 959                                  | 2.9       | 1  | 7    | 100                              | 3.4       | 1  | 6.2  |
|               | <i>Poecilia gillii</i>                           | 383                             | 4.4       | 1.4 | 8.6  | 1823                                 | 3.9       | 2  | 16.3 | 352                              | 4.3       | 1  | 8.1  |
|               | <i>Poeciliopsis paucimaculata</i> <sup>1</sup>   | 7                               | 2.7       | 1   | 4.8  | 663                                  | 3.9       | 1  | 7.4  | 3                                | 5.4       | 2  | 7.9  |





| Hab. | Familia / especie                           | Cuenca baja<br>(3-100 m.s.n.m.) |           |     |       | Cuenca media<br>(101-1 000 m.s.n.m.) |           |    |      | Cuenca alta<br>(>1 000 m.s.n.m.) |           |    |      |
|------|---------------------------------------------|---------------------------------|-----------|-----|-------|--------------------------------------|-----------|----|------|----------------------------------|-----------|----|------|
|      |                                             | n                               | LS (cm)   |     |       | n                                    | LS (cm)   |    |      | n                                | LS (cm)   |    |      |
|      |                                             |                                 | $\bar{X}$ | DS  | Máx.  |                                      | $\bar{X}$ | DS | Máx. |                                  | $\bar{X}$ | DS | Máx. |
|      | <i>Centropomus armatus</i> <sup>A</sup>     | 2                               | 10        | 0.7 | 10.6  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Centropomus medius</i> <sup>A</sup>      | 15                              | 25        | 8.6 | 41.8  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Centropomus nigrescens</i> <sup>A</sup>  | 57                              | 25        | 13  | 45.9  | 30                                   | 39        | 6  | 55.8 |                                  |           |    |      |
|      | <i>Centropomus robalito</i> <sup>A</sup>    | 1                               | -         | -   | 37.2  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Centropomus unionensis</i> <sup>A</sup>  | 2                               | 13        | 1.5 | 14.3  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Centropomus viridis</i> <sup>A</sup>     | 127                             | 25        | 12  | 55.8  | 37                                   | 39        | 5  | 56.8 |                                  |           |    |      |
|      | Gerreidae                                   |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Diapterus peruvianus</i>                 | 6                               | 22        | 2.8 | 26.1  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Eucinostomus currani</i>                 | 37                              | 4.4       | 1.2 | 6     |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Eugerres brevimanus</i> <sup>B</sup>     | 71                              | 16        | 7.9 | 36.5  | 110                                  | 21        | 5  | 36.4 |                                  |           |    |      |
|      | <i>Gerres cinereus</i> <sup>B</sup>         | 1                               |           |     | 11.97 |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Carangidae                                  |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Caranx caballus</i> <sup>B</sup>         | 3                               | 11        | 1   | 11.3  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Caranx caninus</i> <sup>B</sup>          | 7                               | 11        | 4.3 | 20    |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Oligoplites altus</i> <sup>B</sup>       | 1                               | -         | -   | 12.4  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Gobiidae                                    |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Gobioides peruanus</i>                   | 7                               | 7.5       | 0.5 | 8.4   |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Gobionellus microdon</i>                 | 30                              | 3.1       | 1.4 | 7.1   |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Lutjanidae                                  |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Lutjanus colorado</i> <sup>A</sup>       | 3                               | 20        | 8.9 | 30    |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Lutjanus jordani</i> <sup>A</sup>        | 14                              | 24        | 6.9 | 33.8  | 2                                    | 32        | 3  | 34   |                                  |           |    |      |
|      | <i>Lutjanus novemfasciatus</i> <sup>A</sup> | 19                              | 22        | 7.6 | 30.6  | 1                                    | -         | -  | 27.6 |                                  |           |    |      |
|      | Haemulidae                                  |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Haemulopsis leuciscus</i> <sup>B</sup>   | 3                               | 21        | 15  | 38.0  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Rhonciscus bayanus</i> <sup>A</sup>      | 56                              | 17        | 10  | 40.8  | 8                                    | 29        | 3  | 34.2 | 1                                | -         | -  | 25   |
|      | <i>Rhencus macracanthus</i> <sup>B</sup>    | 2                               | 17        | 7.2 | 21.9  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Mugilidae                                   |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Mugil curema</i> <sup>B</sup>            | 72                              | 10        | 6.9 | 30.0  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Achiridae                                   |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Trinectes fonsecensis</i>                | 27                              | 4.1       | 3   | 15    | 1                                    | -         | -  | 7.9  |                                  |           |    |      |
|      | Atherinidae                                 |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Atherinella argentea</i>                 | 1                               | -         | -   | 10.8  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Chanidae                                    |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Chanos chanos</i>                        | 1                               | -         | -   | 29    |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Hemiramphidae                               |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Hyporhamphus naos</i>                    | 2                               | 16        | 0.3 | 15.7  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Paralichthyidae                             |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Citharichthys gilberti</i>               | 24                              | 7.7       | 3.7 | 16.1  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | Sciaenidae                                  |                                 |           |     |       |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |
|      | <i>Bairdiella ensifera</i> <sup>B</sup>     | 1                               | -         | -   | 17.4  |                                      |           |    |      |                                  |           |    |      |

Hab. = hábitat principal, n = número de registros, LS = longitud estándar,  $\bar{X}$  = promedio, DS = desviación estándar, Máx. = talla máxima reportada, <sup>1</sup> especie endémica, <sup>A</sup> mayor importancia, <sup>B</sup> menor importancia para la pesca de acuerdo con estudio socioeconómico ICE (2019). / Hab. = main habitat, n = number of records, LS = standard length, = average, DS = standard deviation, Max.= maximum reported size, <sup>1</sup> endemic species, <sup>A</sup> greater importance, <sup>B</sup> lesser importance for fishing according to socioeconomic study ICE (2019).

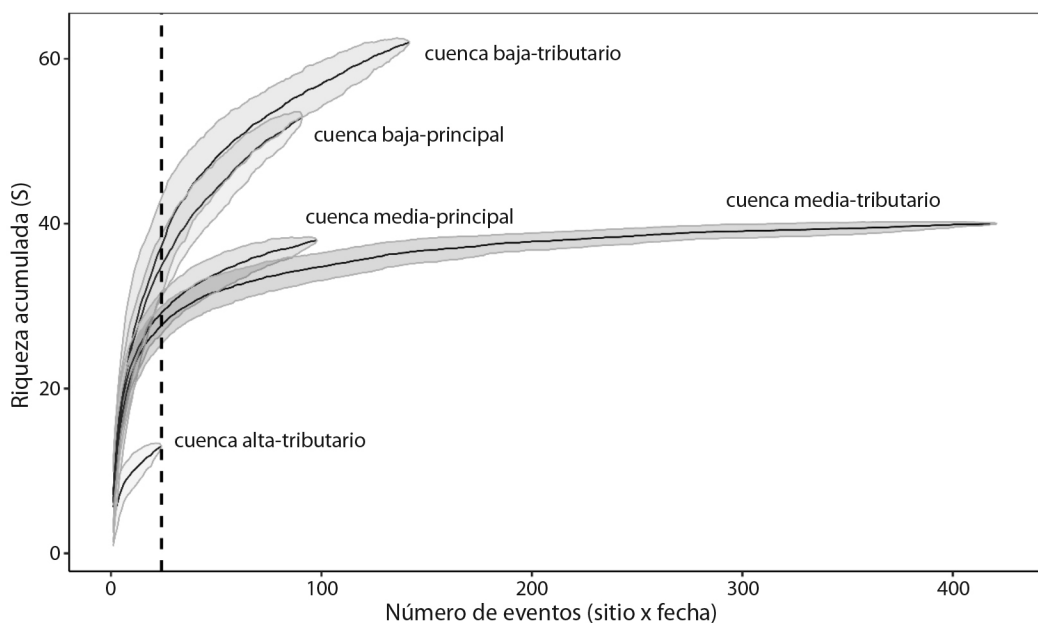
tributarios dentro de la cuenca media ni dentro de la cuenca baja ( $p$  ajustadas de Holm = 1.0) (Fig. 2).

Al clasificar las especies según su importancia para la pesca, se mantuvo el mismo patrón general. Las especies de mayor importancia presentaron valores de riqueza rarefactada de aproximadamente 1.0 especie en la cuenca alta, 4.4 en la cuenca media y 8.1 en la cuenca baja ( $p$  global = 0.0114); las de menor importancia mostraron 2.0, 7.9 y 9.9 especies, respectivamente ( $p$  global = 0.0036); y las de ninguna importancia, 10.0, 17.3 y 19.2 especies ( $p$  global = 0.0432). En todos los casos, la riqueza fue menor en la cuenca alta que en los otros tramos (Fig. 3).

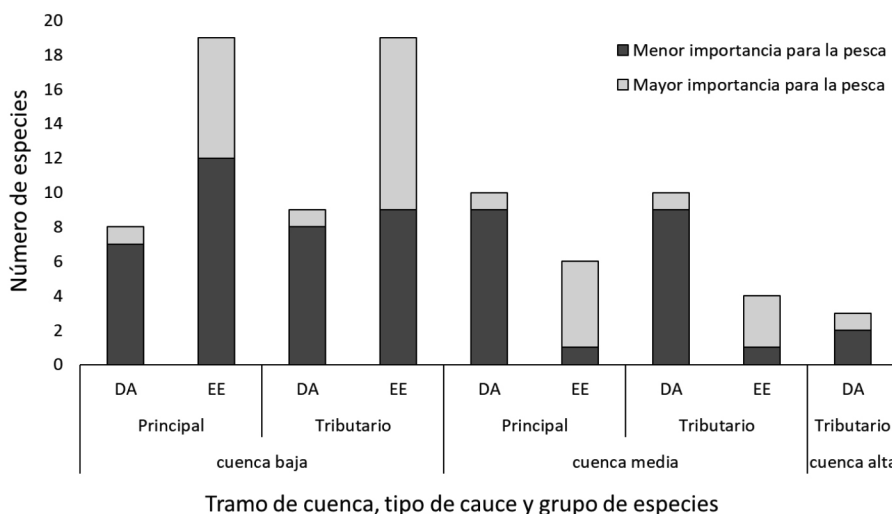
Al considerar el tipo de hábitat, las especies estrictamente dulceacuícolas mostraron un fuerte gradiente altitudinal (13.0 especies en la cuenca alta, 27.3 en la cuenca media y 24.6 en la cuenca baja;  $p$  global < 0.001). Las especies estuarinas o eurihalinas presentaron un patrón

diferente, con valores rarefactados muy bajos en la cuenca alta y media (0.0 y 2.25 especies) y valores mucho más altos en la cuenca baja (12.8 especies). Las diferencias entre cuencas a nivel global fueron significativas ( $p$  global = 0.0404), pero las comparaciones pareadas no resultaron significativas tras el ajuste de Holm. El patrón general se mantuvo al repetir los análisis con  $m = 20$  y  $m = 15$ .

El análisis restringido a los registros obtenidos mediante electropesca mostró resultados consistentes con el análisis general. Al estandarizar a 21 eventos por grupo, la riqueza fue nuevamente menor en la cuenca alta ( $\approx 10$  especies) que en la cuenca media ( $\approx 26$ –28 especies) y la cuenca baja ( $\approx 27$ –29 especies), con diferencias significativas entre la cuenca alta y los otros tramos ( $p = 0.0004$ ;  $p$  ajustadas de Holm < 0.002), y sin diferencias entre cuenca media y cuenca baja ni entre cauce principal y tributarios dentro de cada tramo. Los análisis estratificados por importancia para la pesca y por



**Fig. 2.** Curvas de rarefacción por evento del número total de especies de peces agrupando todos los artes de pesca utilizados en la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica, según tramo y cauce, periodo 2004-2022. La línea punteada indica el mínimo número de eventos ( $m=24$ ). / **Fig. 2.** Rarefaction curves by event of the total number of fish species grouping all the fishing gear used in the Grande de Térraba river basin, Costa Rica, according to section and channel, period 2004-2022. The dotted line shows the minimum number of events ( $m=24$ ).



**Fig. 3.** Distribución del número de especies de interés para la pesca en la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica, según el tramo de la cuenca, tipo de cauce y grupo de especies (DA = dulceacuícola y EE = estuarina/eurihalina). / **Fig. 3.** Distribution of the number of species of interest for fishing in the Grande de Térraba river basin, Costa Rica, according to section, channel type and group of species (DA = freshwater and EE = estuarine/euryhaline).

hábitat mostraron el mismo patrón general, con menores valores en la cuenca alta y diferencias más marcadas para las especies dulceacuícolas. Los resultados fueron consistentes al repetir el análisis con  $m = 15$ .

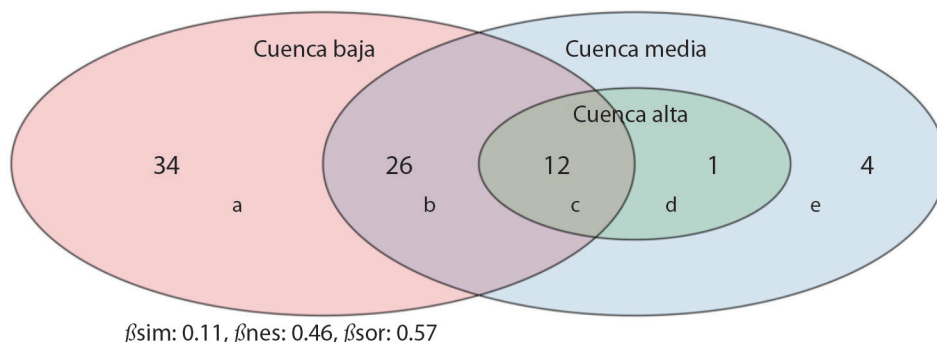
La descripción de composición de especies entre cuencas se visualizó utilizando un diagrama de Venn. El diagrama muestra que 72 especies de peces están presentes en la cuenca baja ( $< 100$  m.s.n.m.), 43 especies en la cuenca media ( $> 100$  y  $< 1000$  m.s.n.m.) y 13 especies están presentes en la cuenca alta ( $> 1000$  m.s.n.m.). Al analizar la composición de especies según tramo se observa que 34 especies fueron reportadas únicamente en la cuenca baja, 4 especies en la cuenca media y una especie de la cuenca alta. Por su parte, 26 especies se comparten entre la cuenca baja y la cuenca media, mientras que 12 especies se comparten entre todos los tramos de elevación (Fig. 3).

El análisis de la diversidad beta utilizando índices de Sorensen indica una similitud moderada en la composición de especies, sugiriendo que más de la mitad de las especies están presentes en los diferentes tramos de la

cuenca ( $\beta_{sor} = 0.57$ ). La sustitución de especies entre sitios contribuye en menor medida a la diversidad beta, señalando que las diferencias no se deben principalmente a cambios en las especies presentes, sino a otros patrones de distribución ( $\beta_{sim} = 0.11$ ). Por su parte, el valor de anidamiento sugiere que una proporción significativa de las comunidades puede considerarse un subconjunto de la otra, indicando que la comunidad íctica del río Grande de Térraba sigue un patrón anidado ( $\beta_{nes} = 0.46$ ) (Fig. 4).

Las especies de hábito estuarino/eurihalino tiene la capacidad de moverse entre elevaciones, lo que puede contribuir al bajo valor de recambio ( $\beta_{sim}$ ) obtenido. Sin embargo, fueron pocas las especies que incursionaron largas distancias río arriba. Por ejemplo, *R. bayanus*, *E. brevimanus*, *C. viridis*, *C. nigrescens*, el pargo negro (*L. jordani*) y el pargo dientón (*L. novemfasciatus*) son capaces de alcanzar elevaciones de más de 500 m.s.n.m. correspondiendo hasta 145 km aguas arriba desde la cuenca baja. Por su parte, 29 especies (80.5 %) de hábito estuarino/eurihalino solo fueron registradas en la cuenca baja (Fig. 5).

### Distribución de la riqueza de especies entre tramos



**a:** *A. argentea*, *seemanni*, *ensifera*, *armatus*, *C. caballus*, *C. caninus*, *C. carpio*, *C. chanos*, *C. gilberti*, *C. hypophthalmus*, *C. medius*, *C. robalito*, *C. steindachneri*, *C. taylori*, *C. tuyra*, *unionensis*, *peruvianus*, *currani*, *G. cinereus*, *G. microdon*, *peruanus*, *latifasciata*, *H. leuciscus*, *H. naos*, *L. colorado*, *macrolepis*, *curema*, *planiceps*, *troschellii*, *altus* *Oxy. dovii*, *elcapitanensis*, *P. starksi*, *R. macracanthus*.

**b:** *A. banana*, *A. orstedii*, *sajica*, *behreae*, *B. rhabdophora*, *terrabensis*, *altifrons*, *C. diquis*, *C. nigrescens*, *viridis*, *latifrons*, *monticola*, *brevimanus*, *E. picta*, *E. terrabensis*, *G. maculatus*, *potamius*, *aspidolepis*, *savagei*, *lineatus*, *L. boruca*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus*, *niloticus*, *chagresi*, *P. dovii*, *P. gillii*, *P. paucimaculata*, *P. retropinna*, *P. terrabae*, *P. turubarensis*, *R. bayanus*, *R. guatemalensis*, *R. ilseae*.

**c:** *orstedii*, *behreae*, *B. rhabdophora*, *B. terrabensis*, *monticola*, *terrabensis*, *I. lineatus*, *L. boruca*, *P. gillii*, *P. paucimaculata*, *salvini*, *striatus*.

**d:** *R. laticauda*.

**e:** *C. uroflammeus*, *P. friedrichsthalii*, *P. myrmae*, *S. marmoratus*.

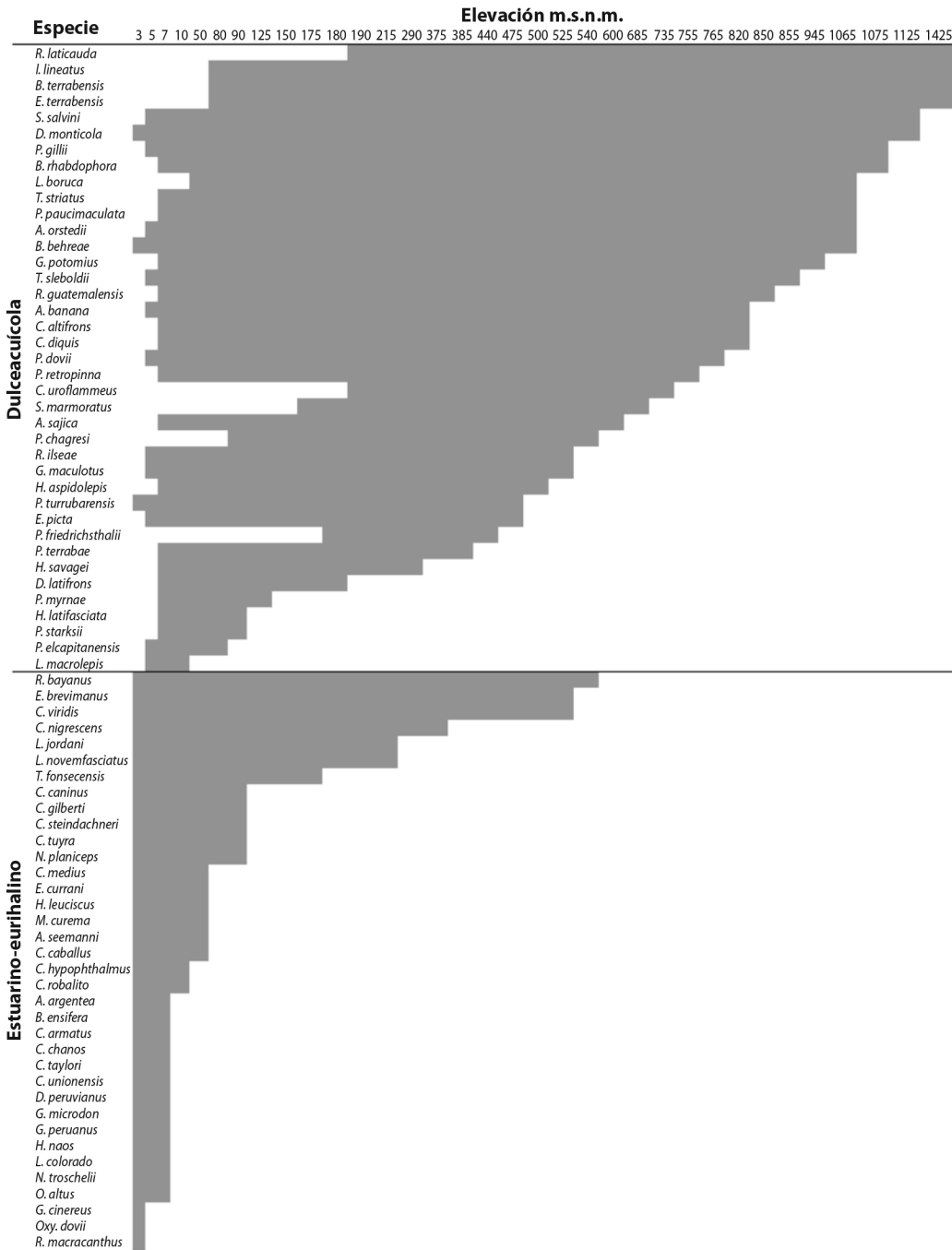
**Fig. 4.** Diagrama de Venn y componentes de la diversidad  $\beta$  ( $\beta_{sim}$  = reemplazo de especies,  $\beta_{nes}$  = pérdida/ganancia de especies,  $\beta_{sor}$  = diversidad  $\beta$  total según el índice de Sorensen) de los peces registrados en diferentes tramos de elevación de la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica, periodo 2004-2022. / **Fig. 4.** Venn diagram and components of  $\beta$  diversity ( $\beta_{sim}$  = species replacement,  $\beta_{nes}$  = loss/gain of species,  $\beta_{sor}$  = total  $\beta$  diversity according to the Sorensen index) of fish recorded in different elevation sections of the Grande de Térraba river basin, Costa Rica, period 2004-2022.

## DISCUSIÓN

La composición de la comunidad íctica de la cuenca del río Grande de Térraba corresponde con lo esperado, de acuerdo con los estudios de Bussing (1998) y las actualizaciones realizadas por Angulo et al. (2013) sobre los peces dulceacuícolas de Costa Rica. El estudio incluye 44 especies de peces adicionales a las 33 especies reportadas por Rojas y Rodríguez (2008). Además, se actualiza el registro de especies endémicas pasando de 3 a 14 para la cuenca del Río Grande de Térraba. Es evidente que el mayor esfuerzo de muestreo, la ampliación en el ámbito de elevación y la inclusión de diferentes microhábitats favorece el mayor registro de especies. Lo anterior se sustenta en que el estudio de Rojas y Rodríguez (2008) se concentra en la cuenca baja del cauce principal

del Río Grande de Térraba y el río General. Sin embargo, los datos del presente estudio incluyen 13 especies menos a las reportadas en la revisión de Angulo et al. (2013). La mayor cantidad de especies reportada por Angulo et al. (2013) probablemente responde al muestreo de localidades con una mayor influencia estuarina (0 m.s.n.m.) que las que se incluyeron en el presente estudio, en el cual el muestreo inició en 3 m.s.n.m.. La mayor cantidad de hábitat estuarino muestreado permitió a Angulo et al. (2013) registrar especies que incursionan de forma esporádica o accidental en ambientes dulceacuícolas.

El mayor número de registros de las especies *S. salvini*, *B. behreae*, *D. monticola*, *A. orstedii* y *P. gillii* concuerda con otros reportes de abundancia de especies en ríos de Costa Rica (Picado-Barboza & Umaña-Villalobos,



**Fig. 5.** Ámbito de elevación de las especies de peces registrados en la cuenca del río Grande de Térraba, Costa Rica, periodo 2004-2022. / **Fig. 5.** Elevation range of fish species recorded in the Grande de Térraba river watershed, Costa Rica, period 2004-2022.

2018). Factores como su estrategia reproductiva y hábitos alimentarios se han señalado como responsables de su éxito ecológico. Por su parte la especie endémica *E. terrabensis* es una especie especializada en quebradas y aguas frías a lo largo de la cuenca, por lo cual cuenta con amplios registros en estos sitios. Un patrón de distribución similar ha sido reportado para el congénere *E. scleroparius* en la cuenca del río Pacuare (Picado-Barboza & Umaña-Villalobos, 2018).

El registro de especies estuarinas-eurihalinas en los ambientes dulceacuícolas de la cuenca del río Gran de Térraba coincide con lo esperado de acuerdo con Bussing (1998) y Bussing & López (2011). La adaptabilidad de estas especies para tolerar diferentes niveles de salinidad ha sido ampliamente estudiada (de Moura et al., 2012; Elliott et al., 2007; McCormick et al., 2013). Esta se asocia con la presencia de transportadores iónicos en las membranas celulares que permiten una regulación eficiente del volumen celular y la homeostasis osmótica bajo condiciones fluctuantes, facilitando así la supervivencia en ambientes de agua dulce donde la concentración de sal es significativamente menor que en ambientes marinos (McCormick et al., 2013).

De acuerdo con los estudios socioeconómicos y el uso de los recursos naturales de la cuenca del río Grande de Térraba (ICE, 2019) las especies *C. viridis*, *C. nigescens*, *C. medius*, *L. jordani*, *L. novemfasciatus* y *R. bayanus* corresponden a las especies estuarinas-eurihalinas de mayor interés para la pesca. Adicionalmente, la especie dulceacuícola *B. behreae* es la que reporta mayor captura por parte de las personas que realizan pesca en la cuenca del río Grande de Térraba. Esto responde a las altas tallas que estas especies pueden alcanzar, ya que en su mayoría pueden superar los 50 cm LS (Bussing, 1998; Rojas & Rodríguez, 2008; Ribeiro & Umaña-Villalobos, 2009; Picado-Barboza & Umaña-Villalobos, 2018). Si bien la calidad de la carne de las especies estuarinas/eurihalinas es superior a la que proporciona *B. behreae*, la abundancia de esta última favorece que los pobladores hayan perfeccionado técnicas

de preparación que les permite aprovechar su proteína a pesar de las abundantes espinas intramusculares que presenta esta especie (ICE, 2019).

En un segundo nivel de importancia para la pesca se encuentran especies estuarinas-eurihalinas como *M. curema*, *E. brevimanus*, los bagres (Familia Ariidae), jureles y palometas (Familia Carangidae) y otras especies que esporádicamente incursionan aguas arriba. Su nivel de importancia secundario corresponde a su menor talla en relación con las especies de mayor interés para la pesca, pues generalmente no superan los 40 cm LS (Bussing, 1998; Rojas & Rodríguez, 2008). En cuanto a las especies dulceacuícolas, se encuentran las especies *E. picta*, *G. maculatus*, *R. guatemalensis*, *R. laticauda*, *T. sieboldii*, y *D. monticola*, las cuales se capturan principalmente por los pescadores de menor experiencia o quienes concentran sus jornadas en los cauces tributarios (ICE, 2019). Estas especies habitualmente presentan tallas de alrededor de 30 cm LS (Ribeiro & Umaña-Villalobos, 2009; Picado-Barboza & Umaña-Villalobos, 2018).

El patrón de distribución de la diversidad de especies de peces es consistente al descrito en otros estudios realizados en los ríos tropicales (Angermeier & Karr, 1983; Jaramillo et al., 2010; Picado-Barboza & Umaña-Villalobos, 2018; Pouilly et al., 2006). La disminución de la riqueza de especies con el incremento en la elevación en la cuenca del río Gran de Térraba, principalmente para las especies estuarinas-eurihalinas, está influenciada por una combinación de factores fisiológicos, climáticos, físicos, geográficos y ecológicos. La salinidad, temperatura del agua y los niveles de oxígeno son determinantes críticos, ya que muchas especies tropicales son estenotérmicas y solo pueden tolerar un ámbito reducido de temperaturas cálidas y variaciones en la salinidad (Higgins & Wilde, 2005; Mariu et al., 2023). Los ríos de la cuenca alta presentan aguas más frías y turbulentas, con fluctuaciones hidrológicas extremas e inestables, que en conjunto crean barreras físicas y hábitats de alta energía que solo unas pocas especies especializadas pueden colonizar.



Además, las características físicas del hábitat, como el tamaño y la heterogeneidad, varían con la altitud: en la cuenca baja los cauces tienden a ser más amplios y con una mayor oferta de microhábitats, lo que permite una mayor riqueza de especies (Araújo et al., 2009; McConnell & Lowe-McConnell, 1987).

Los componentes de la diversidad beta sugieren que la variación en la composición de especies se caracteriza más por un patrón de agrupamiento jerárquico, donde un grupo de especies de peces se encuentra bien representada en los diferentes tramos de la cuenca, en lugar de una sustitución marcada de especies entre tramos (Baselga & Gómez-Rodríguez, 2019). Las 12 especies de mayor distribución en la cuenca, las cuales se pueden considerar como las especies núcleo de la comunidad íctica, coinciden con las especies más comunes en los ríos de Costa Rica mencionadas por Bussing (1998). El éxito de estas especies obedece a una serie de ecológicas donde la estrategia reproductiva juega un papel transcendental. Por ejemplo, las especies anfídomas como *S. salvini* y *D. monticola*, así como los carácidos (*A. orstedii*, *B. behreae* y *E. terrabensis*), liberan miles de huevos a lo largo del año lo que les proporciona una ventaja adaptativa para mantener poblaciones abundantes (McDowall, 2009; Kaiser, 2020; Barrett et al., 2020). Por su parte, las olominas (*Brachyrhaphis rhabdophora*, *B. terrabensis*, *P. gillii* y *Poeciliopsis paucimaculata*) presentan viviparismo, lo cual aumenta el éxito de desarrollo de los alevines (Zúñiga-Vega et al., 2022). Por otra parte, las especies de hábito bentónico como el barbudo pigmeo (*Imparfinis lineatus*) y la laucha (*Trichomycterus striatus*) presentan adaptaciones para prosperar en el fondo de los cauces, lo que les permite evitar depredadores y sobrevivir a las fuertes corrientes durante las crecidas de los ríos, lo cual es una ventaja para colonizar hábitats aguas arriba (Inoue et al., 2005). En el caso de la especie endémica conocida localmente como pez candela o machín (*Lebiasina boruca*), este es un pez capaz de adaptarse a diferentes hábitats, aunque prefiere ambientes de aguas tranquilas donde puede llegar a ser la especie dominante (ICE, 2019).

Cabe mencionar que estas estrategias no son exclusivas de cada una de las especies mencionadas, y por el contrario la combinación de ellas determina la plasticidad ecológica que explica el éxito de estos peces en los ríos de Costa Rica (Picado-Barboza & Umaña-Villalobos, 2018). De estas 12 especies únicamente la machaca (*B. behreae*) es considerada como una especie de alto interés para la pesca, mientras que en el caso del tepemechín (*D. monticola*) se le considera de interés secundario, aunque en la cuenca alta es la principal especie capturada (ICE, 2019).

Los datos confirman la importancia de los diferentes hábitats de la cuenca baja y media para las especies estuarinas/eurihalinas, especialmente para aquellas de mayor relevancia pesquera, entre las que destacan los robalos (Centropomidae), los pargos (Lutjanidae) y el roncador (Haemulidae). En esta zona se localizan tramos del RGT con profundidades superiores a los 5 metros en secciones continuas del cauce que alcanzan 100 metros de longitud o más (ICE, 2019), lo que constituye un hábitat idóneo para los robalos (Stevens et al., 2020). En los sectores de rápidos y en las confluencias con los tributarios se generan las condiciones preferidas por los roncadores, mientras que los pargos muestran afinidad por las orillas con vegetación, raíces expuestas y restos de troncos (Wesley et al., 2009).

En cuanto a las especies dulceacuícolas, la machaca (*B. behreae*) puede considerarse una especie clave en la cuenca: su abundancia, amplia distribución y talla máxima la convierten en una de las especies con mayores volúmenes de captura por parte de los pescadores. A lo largo del RGT, la pesca recreativa y de subsistencia se realiza principalmente con cuerda de mano y caña, utilizando como carnada camarones (*Macrobrachium* spp.), chupapiedras (*S. salvini*), así como frutos y semillas de árboles, por ejemplo el espavel (*Anacardium excelsum*). En la cuenca alta también se ha documentado la pesca manual de tepemechín mediante la técnica de “encandilamiento” nocturno (ICE, 2019).

De acuerdo con el ICE (2019), la cuenca del río Grande de Térraba ha experimentado en

las últimas décadas una degradación progresiva de la calidad del agua, producto del cambio en el uso de la tierra. Esta situación coincide con las observaciones anecdóticas de las personas pescadoras, quienes señalan que hace aproximadamente 30 años las tallas y la abundancia de las especies de mayor importancia eran superiores a las actuales (ASANA, 2022).

A lo anterior se suma que la pesca en el RGT se realiza, en general, con muy poco control. Si bien la Ley de Pesca y Acuicultura y su reglamento (Ley N° 8436, Decreto N° 36782-MINAET-MAG-MOPT-TUR-SP-S-MTSS), así como la Ley de Conservación de la Vida Silvestre y su reglamento (Ley N° 7317, Decreto N° 40548-MINAE), contemplan disposiciones sobre la pesca continental e insular, los artes permitidos, la obligación de contar con licencia o permiso, ninguno de estos instrumentos establece tallas mínimas de captura, vedas durante la época reproductiva, o cantidades máximas para las especies dulceacuícolas.

Asimismo, el control para hacer efectiva la prohibición de pesca con fines comerciales con cualquier tipo de arte en las desembocaduras de los ríos y esteros del país (Artículo 33 de la Ley N° 8436) es insuficiente. Al menos en la desembocadura del RGT, la pesca ilegal con trasmallo es frecuente (ICE, 2019). Este tipo de pesca ejerce una fuerte presión sobre las especies estuarinas y eurihalinas que eventualmente migran hacia aguas arriba, paralelamente, en la cuenca baja y media persiste la pesca ilegal de machaca con línea de anzuelos, muchas veces con fines comerciales a nivel local (ICE, 2019).

**Conclusiones:** La comunidad íctica del río Grande de Térraba debe considerarse como una sola unidad ecológica. Si bien hay diferencias en la composición de especies con la elevación, los diferentes tramos comparten especies que funcionan como conectores biológicos. Por esta razón las estrategias de pesca sostenible no deben enfocarse únicamente en la protección del hábitat para las especies de mayor y menor importancia para la pesca, ya que las demás especies contribuyen al equilibrio de la comunidad de peces y esto a su vez refleja

el grado de salud del ecosistema (Feio et al., 2023; Grabarkiewicz & Davis, 2008). A pesar del deterioro de los hábitats acuáticos y la poca capacidad de control y seguimiento de la pesca continental, la fauna íctica tanto estuarina-eurihalina como dulceacuícola ha prevalecido y continúa completando sus ciclos biológicos a lo largo de la cuenca del RGT y sus tributarios. Esto ha permitido mantener la actividad de pesca deportiva, recreativa o de subsistencia, aunque, según los pescadores, las abundancias y tallas son cada vez menores (ICE, 2019). Lo anterior debe tomarse como una invitación a establecer medidas de manejo a nivel de cuenca, donde los diferentes actores deben contribuir con la implementación de acciones de protección, restauración y uso sostenible de los recursos naturales.

El presente estudio establece una actualización de la línea base sobre la comunidad íctica del río Grande de Térraba. Nuevas líneas de investigación deben ser desarrolladas a partir de los nuevos hallazgos. Por ejemplo, el impacto de las especies de peces exóticos, el estado de conservación de las especies endémicas y el establecimiento de un modelo de pesca sostenible en los diferentes tramos de la cuenca basado en tallas mínimas/máximas, cantidades y periodos de veda. Adicionalmente, futuros estudios deben explorar el efecto de otras variables ambientales como la turbidez, sólidos totales, contaminación orgánica y química sobre la ictiofauna, así como un análisis detallado de la dispersión espacial y temporal de las especies estuarinas-eurihalinas entre los hábitats estuarinos y dulceacuícolas.

#### **Declaración de contribución de autoría:**

El suscrito, Jorge Enrique Picado Barboza, ced. 109530602, declaro que estoy de acuerdo con la publicación del manuscrito, el cual he preparado de manera individual. Los proyectos en los cuales participé y a partir de los cuales he tomado la información han sido debidamente mencionados, confirmo que cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes, y no existe ningún conflicto de interés.



**Declaración de ética:** El autor declara que está de acuerdo con esta publicación; que no existe conflicto de interés de ningún tipo; y que ha cumplido con todos los requisitos y procedimientos éticos y legales pertinentes. Todas las fuentes de financiamiento se detallan plena y claramente en la sección de agradecimientos. El respectivo documento legal firmado se encuentra en los archivos de la revista.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo y dedicación para la recopilación de los datos de campo a Luis Rolier Lara Hernández, Leonel Barquero Delgado, Carlos Canales Alvarado y Luis Salazar Ferreto, la contribución de Naidely Valeria Vidaurre Quesada en la revisión y actualización de la base de datos, el apoyo de Johel Chaves Campos con el análisis estadístico y a los revisores que contribuyeron a mejorar el manuscrito.

## REFERENCIAS

- Angermeier, P. L., & Karr, J. R. (1983). Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Environmental Biology of Fishes*, 9(2), 117–135.
- Angulo, A., Garita-Alvarado, C. A., Bussing, W. A., & López, M. I. (2013). Annotated checklist of the freshwater fishes of continental and insular Costa Rica: Additions and nomenclatural revisions. *Check List*, 9(5), 987–1019. <https://doi.org/10.15560/9.5.987>
- Angulo, A., San Gil-León, J., Oviedo-Soto, A., Abarca-Odio, J. I., & Umaña-Villalobos, G. (2020). The fishes from the Coto River basin, Pacific coast, Costa Rica. *Zootaxa*, 4751, 1–28. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4751.1.1>
- Araújo, F. G., Pinto, B. C. T., & Teixeira, T. P. (2009). Longitudinal patterns of fish assemblages in a large tropical river in southeastern Brazil: Evaluating environmental influences and some concepts in river ecology. *Hydrobiologia*, 618(1), 89–107.
- Arguedas, J. (2020). Diversidad de peces de agua dulce en la zona costera de los distritos Bahía Ballena y Puerto Cortés del cantón de Osa, zona sur de Costa Rica. *Posgrado y Sociedad. Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado*, 17, 17–32. <https://doi.org/10.22458/rpys.v17i2.2201>
- Arscott, D., Eldridge, W., & Sweeney, B. (2010). *A preliminary water quality study of the río Sierpe and its tributaries (Costa Rica)* [Technical report]. Stroud Water Research Center. [https://stroudcenter.org/wp-content/uploads/Report\\_RioSierpeWaterQuality\\_SWRC2010-001.pdf](https://stroudcenter.org/wp-content/uploads/Report_RioSierpeWaterQuality_SWRC2010-001.pdf)
- Asociación Amigos de la Naturaleza del Pacífico Central y Sur (ASANA). (2022). *Peces, camarones y burritas del Corredor Biológico Paso de la Danta* [Guía de campo]. [https://www.asanacr.org/wp-content/uploads/2020/06/FaunaAcu%C3%A1tica\\_CBPD\\_2020.pdf](https://www.asanacr.org/wp-content/uploads/2020/06/FaunaAcu%C3%A1tica_CBPD_2020.pdf)
- Barrett, T., Barrett, M., van den Heuvel, M., & Munkittrick, K. (2020). Assessing reproductive effects on fish populations: An evaluation of methods to predict the reproductive strategy of fishes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 613. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08580-z>
- Baselga, A., & Gómez-Rodríguez, C. (2019). Diversidad alfa, beta y gamma: ¿Cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas? *Nova Acta Cientifica Compostelana*, 26. <https://revistas.usc.gal/index.php/nacc/article/view/6413>
- Baselga, A., Orme, D., Villeger, S., De Bortoli, J., Leprieux, F., Logez, M., Martínez-Santalla, S., Martín-Devasa, R., Gómez-Rodríguez, C., & Crujeiras, R. (2025). *betapart: Partitioning beta diversity into turnover and nestedness components* [Software]. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.betapart>
- Bussing, W. A. (1998). *Peces de las aguas continentales de Costa Rica* (2.ª ed.). Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Bussing, W. A., & López, M. I. (2011). *Peces demersales y pelágicos costeros del Pacífico de Centroamérica meridional*. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Cotta-Ribeiro, T., & Molina-Ureña, H. (2009). Ontogenic changes in the feeding habits of the fishes *Agonostomus monticola* (Mugilidae) and *Brycon behreae* (Characidae), Térraba River, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 57(1), 285–290.
- de Moura, P. M., Vieira, J. P., & Garcia, A. M. (2012). Fish abundance and species richness across an estuarine–freshwater ecosystem in the Neotropics. *Hydrobiologia*, 696, 107–122. <https://doi.org/10.1007/s10750-012-1187-9>
- Dusa, A. (2024). *venn: Draw Venn Diagrams* [Software]. <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.venn>
- Elliott, M., Whitfield, A. K., Potter, I. C., Blaber, S. J., Cyrus, D. P., Nordlie, F. G., & Harrison, T. D. (2007). The guild approach to categorizing estuarine fish assemblages: A global review. *Fish and Fisheries*, 8(3), 241–268.

- Feio, M. J., Hughes, R. M., Serra, S. R. Q., Nichols, S. J., Kefford, B. J., Lintermans, M., Robinson, W., Odume, O. N., Callisto, M., Macedo, D. R., Harding, J. S., Yates, A. G., Monk, W., Nakamura, K., Mori, T., Sueyoshi, M., Mercado-Silva, N., Chen, K., Baek, M. J., & Sharma, S. (2023). Fish and macroinvertebrate assemblages reveal extensive degradation of the world's rivers. *Global Change Biology*, 29, 355–374. <https://doi.org/10.1111/gcb.16439>
- Gómez-Hoyos, D. A., Cascante, P., Flores-Rojas, J., Oconitrillo-Miranda, C., Méndez-Arrieta, R., Méndez-Arrieta, A., Seisdedos-de-Vergara, R., & Jiménez, K. (2018). Inventarios participativos de la comunidad de Coto Brus: Fase I evaluación ecológica de la subcuenca del río Cotón, Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2566686>
- Grabarkiewicz, J., & Davis, W. (2008). *An introduction to freshwater fishes as biological indicators* [Informe técnico]. <https://doi.org/10.13140/2.1.1483.0885>
- Higgins, C. L., & Wilde, G. R. (2005). The role of salinity in structuring fish assemblages in a prairie stream system. *Hydrobiologia*, 549, 197–203. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-0844-7>
- Inoue, M., Miyayoshi, M., & Sone, S. (2005). Foraging modes of stream benthic fishes in relation to their predation effects on local prey density. *Ecological Research*, 20, 151–161. <https://doi.org/10.1007/s11284-004-0022-9>
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2019). *Estudios técnicos biofísicos y socioeconómicos de la cuenca del río Grande de Térraba* [Informe técnico]. Archivo institucional del ICE.
- Jaramillo-Villa, U., Maldonado-Ocampo, J. A., & Escobar, F. (2010). Altitudinal variation in fish assemblage diversity in streams of the central Andes of Colombia. *Journal of Fish Biology*, 76(10), 2401–2417.
- Kaiser, M. J. (2020). Amphidromy can be a flexible life history strategy in some Hawai'ian gobies. *Journal of Fish Biology*, 96, 287–287. <https://doi.org/10.1111/jfb.14252>
- Ley de Conservación de la Vida Silvestre (Ley N° 7317). (s. f.). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. [https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=12648](https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=12648)
- Ley de Pesca y Acuicultura (Ley N° 8436). (s. f.). *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. [https://pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=54688](https://pgrweb.go.cr/SCIJ/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=54688)
- Mariu, A., Chatha, A. M. M., Naz, S., Khan, M. F., Safdar, W., & Ashraf, I. (2023). Effect of temperature, pH, salinity and dissolved oxygen on fishes. *Journal of Zoology and Systematics*, 1(2), 1–12. <https://doi.org/10.56946/jzs.v1i2.198>
- McConnell, R., & Lowe-McConnell, R. H. (1987). *Ecological studies in tropical fish communities*. Cambridge University Press.
- McCormick, S. D., Farrell, A. P., & Brauner, C. (Eds.). (2013). *Fish physiology: Euryhaline fishes* (Vol. 32). Academic Press.
- McDowall, R. (2009). Why be amphidromous: Expatriate dispersal and the place of source and sink population dynamics?. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20, 87–100. <https://doi.org/10.1007/s11160-009-9125-2>
- MINAE – EGIRH. (2005). *Estrategia para la gestión integrada de los recursos hídricos en Costa Rica, diagnóstico: Primera etapa del plan de manejo integral del recurso hídrico: Una estrategia nacional para el MIRH. Proyecto BID ATN/WP-8467-CR*. Ministerio de Ambiente y Energía, Costa Rica.
- Picado-Barboza, J., & Umaña-Villalobos, G. (2018). Fish assemblages and their ecological traits along an elevational gradient in the Río Pacuare, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66, 1–19. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i1.33269>
- Poder Ejecutivo de la República de Costa Rica. (s. f.). Decreto N° 40548-MINAE. Reglamento a la Ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317. *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. [https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=84592](https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=84592)
- Poder Ejecutivo de la República de Costa Rica. (s. f.). Decreto N° 36782-MINAE-MAG-MOPT-TUR-SPS-MTSS. Reglamento a la Ley de Pesca y Acuicultura N° 8436. *Sistema Costarricense de Información Jurídica*. [https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=71196](https://pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=71196)
- Posit team. (2025). *RStudio: Integrated development environment for R* (Versión 2025.05.1) [Software]. Posit Software, PBC. <http://www.posit.co/>
- Pouilly, M., Barrera, S., & Rosales, C. (2006). Changes of taxonomic and trophic structure of fish assemblages along an environmental gradient in the Upper Beni watershed (Bolivia). *Journal of Fish Biology*, 68(1), 137–156.
- R Core Team. (2024). *R: Un lenguaje y entorno para la computación estadística* [Software]. Fundación R para la Computación Estadística. <https://www.R-project.org/>
- Ribeiro, T., & Umaña-Villalobos, G. (2009). Distribution of *Agonostomus monticola* and *Brycon behreae* in the Río Grande de Térraba, Costa Rica and relations with water flow. *Neotropical Ichthyology*, 8, 841–849. <https://doi.org/10.1590/S1679-62252010000400014>
- Rojas, R., & Rodríguez, O. (2008). Diversidad y abundancia ictiofaunística del río Grande de Térraba, sur de Costa



- Rica. *Revista de Biología Tropical*, 56, 1429–1447. <https://doi.org/10.15517/rbt.v56i3.5720>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2007). *GRUAS II: Propuesta de ordenamiento territorial para la conservación de la biodiversidad de Costa Rica. Volumen 2: Análisis de vacíos en la representatividad e integridad de la biodiversidad de los sistemas de aguas continentales*. San José, Costa Rica.
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2025). *Plan de manejo del Área Silvestre Protegida Humedal Nacional Terraba Sierpe del Área de Conservación Osa (ACOSA)*. R-SINAC-CONAC-001-2025. Consejo Nacional de Áreas de Conservación.
- Stevens, P. W., Dutka-Gianelli, J., & Nagid, E. (2020). Niche partitioning among Snook (Pisces: Centropomidae) in rivers of Southeastern Florida and implications for species range limits. *Estuaries and Coasts*, 43, 396–408. <https://doi.org/10.1007/s12237-019-00650-x>
- Wesley, N., Lilyestrom, C. G., & Kwak, T. J. (2009). Factors influencing tropical island freshwater fishes: Species, status, and management implications in Puerto Rico. *Fisheries*, 34(11), 546–554. <https://doi.org/10.1577/1548-8446-34.11.546>
- Wickham, H. (2016). *ggplot2: Elegant graphics for data analysis*. Springer-Verlag.
- Zúñiga-Vega, J. J., Aspbury, A. S., Johnson, J. B., & Pollux, B. J. A. (2022). Ecology, evolution, and behavior of viviparous fishes. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 832216. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.832216>