



Diversidad de peces en Ecuador

Pedro Jiménez Prado y Jonathan Valdiviezo Rivera (Eds.)

Ictiología ecuatoriana

Serie especial I



Diversidad de **peces** en Ecuador

Pedro Jiménez Prado y Jonathan Valdiviezo Rivera (Eds.)



Citación sugerida:

Para todo el documento:

Jiménez-Prado, P y J. Valdiviezo-Rivera (Eds.). 2021. Biodiversidad de peces en el Ecuador. Serie Especial de Ictiología Ecuatoriana I. Red Ecuatoriana de ictiología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad Tecnológica Indoamérica, Instituto Nacional de Biodiversidad. 166 pp.

Para sus capítulos:

Puertas, C. 2021. Ecología de los peces amazónicos en el Ecuador, pp. 10 - 21. En Jiménez-Prado, P y J. Valdiviezo-Rivera (ed.). 2021. Biodiversidad de peces en el Ecuador. Serie Especial de Ictiología Ecuatoriana I. Red Ecuatoriana de ictiología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad Tecnológica Indoamérica, Instituto Nacional de Biodiversidad. 166 pp.

ISBN: 9 7 8 - 9 9 4 2 - 4 0 - 1 5 4 - 0

D.R. © Red Ecuatoriana de Ictiología

Responsabilidad:

El material aquí presentado, así como las opiniones expresadas, no representan necesariamente el juicio o las políticas de las instituciones participantes. Todo lo expresado es de la entera responsabilidad de los autores. Los escritos y la información presentada han sido editadas con aprobación previa de sus autores.

Cuerpo editorial para la revisión ciega por pares

Aguirre Windsor. Department of Biological Sciences, DePaul University, Chicago.

Buenaño Martha. Ictióloga independiente.

Burgos Ricardo. Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad Estatal amazónica.

Carrillo-Moreno Carolina. Investigadora asociada del INABIO.

Carvache- Wilan Evelyn. Ictióloga independiente.

Escobar-Camacho Daniel. Laboratorio de Ecología Acuática, Instituto Biósfera, Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales, Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador

Moreno Cristhian. Ictiólogo independiente.

Nugra Fredy. Laboratorio de Limnología de la Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.

Revelo-Ramírez Willian. Unidad de Recursos Demersales Bentónicos de Agua Dulce y Embalses, Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca. Proceso de investigación de los Recursos Bioacuáticos y su Ambiente, Guayaquil, Ecuador

Rivadeneira Juan Francisco. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Central del Ecuador

Román Verónica. Ictióloga independiente.

Diseño y diagramación

Cristina Marmolejo

CONTENIDOS

- Capítulo 1.** Ecología de los peces amazónicos en el Ecuador. 10
Cecilia Puertas
- Capítulo 2.** Patrones biogeográficos y taxonómicos de los peces de la vertiente occidental del Ecuador. 22
Ronald Navarrete Amaya, Virginia R. Shervette, Diana Vélez, Windsor E. Aguirre
- Capítulo 3.** Peces en ríos bajos del noroccidente ecuatoriano, un ejemplo de cauces con la presencia de especies invasoras. 56
Pedro Jiménez Prado
- Capítulo 4.** Las formas de los esqueletos óseos de peces pelágicos y demersales de importancia comercial en Ecuador. 69
Alex Ávila Tumbaco, Peggy Loor Andrade, Jonathan Pincay Espinoza, Rigoberto Rosas Luis
- Capítulo 5.** Pez sierra *Pristis pristis* una historia en Ecuador. 99
Rigoberto Rosas Luis
- Capítulo 6.** Distribución de tallas de picudos y tiburones en la pesquería artesanal ecuatoriana. 111
Jonathan Pincay Espinoza, Peggy Loor Andrade, Rigoberto Rosas Luis
- Capítulo 7.** Ecología trófica de peces pelágicos mayores del Pacífico ecuatoriano. 124
Rigoberto Rosas Luis, Peggy Loor Andrade, Jonathan Pincay Espinoza
- Capítulo 8.** La trucha arco iris y el estado de salud ecológica de los embalses Altoandinos. 144
Esteban Terneus Jácome, Ana Falconí López

Prólogo editorial

Como es conocido, a inicios del siglo anterior, todo problema ambiental parecía ser solo un *inconveniente local*, pero a partir de la década de los 60' surge un pensamiento que demuestra la ruptura del modelo económico ignorante de los costos ambientales; nace un movimiento que evidencia la necesidad no solo de salvar animales sino también, entre otras cosas, de conservar algunas áreas que se convirtieron en protegidas. La complejidad de esos sistemas protegidos, aislados de su entorno, condujo a nuevos enfoques en esta materia, dando lugar a lo que se conoció como conservación comunitaria. Actualmente, se habla de la **conservación neoliberal**, que sustenta el principio de “*ganar-ganar*”, es decir donde se espera que el mercado produzca resultados que beneficien a todos los actores, sin costos ambientales significativos.

La concepción del neoliberalismo es difícil de definir porque encierra un complejo de ideologías y prácticas manejadas desde muchas perspectivas; pero es claro que se trata de una vertiente económico-política que considera al mercado como el único regulador para el reparto de bienes y servicios. En este modelo, el estado se convierte en un facilitador del libre mercado. Es obvio entonces, que al existir muchos sectores productivos que dependen, directa o indirectamente, de los recursos naturales, exista una flexibilidad o una disminución en la rigurosidad de los controles ambientales, peor aún si hay escases de información técnica y especializada.

Con todo, hace algo más de un año surge una nueva enfermedad, cuyo origen también parece ser el resultado de la manipulación humana sobre los recursos naturales; que ha permitido además, un “respiro para el planeta”; la recuperación de algunos ecosistemas, la reducción de gases de efecto invernadero, la disminución del tráfico ilegal de fauna silvestre y del ruido; que se supone deja como positivo la pandemia del coronavirus. No obstante, las consecuencias podrían ser incluso peores, por un efecto **rebote**, si no hay una toma de conciencia para generar acciones reales que lleven a mantener o incluso incrementar esta supuesta resiliencia ambiental. De hecho, las experiencias del pasado sugieren que la disminución de la producción durante las crisis económicas, están seguidas por un rápido aumento de la contaminación, de la presión sobre los recursos naturales o incluso la pérdida de servicios ambientales.

¿Qué pasará después en países latinoamericanos y tantos otros como nosotros, dependientes de los recursos naturales como el principal generador de recursos económicos? ¿Qué

harán los estados para reponer el endeudamiento y recuperar tanto dinero gastado en la pandemia? ¿Qué nuevos proyectos harán las ONG's (ambientalistas y humanitarias) para seguir “salvando” al planeta y a la humanidad, para disminuir el gran desfase que siempre dejan entre el diseño y el pobre resultado en la ejecución de sus proyectos?

Es de esperar entonces, que el mercado obligue a producir intensamente en las etapas inmediatas y posteriores a la pandemia; sin embargo, mientras existan desventajas competitivas, escasa *información* y capacidad para influir en las decisiones políticas, ninguna vertiente económico-política garantizará que las comunidades rurales y campesinas alcancen una redistribución más justa de los beneficios de la conservación y una resiliencia ambiental real.

La información y su acceso no siempre están disponibles, países como Ecuador generan investigación escasa y dispersa, sobre muchos campos; lo que se sabe sobre sus recursos naturales es escaso aún, las fuentes de agua cada vez presentan menor calidad y los organismos que la habitan se están perdiendo. La ictiología, es una rama de la biología que ha sido muy poco explorada, los peces han sido solo vistos como un recurso de extracción y aprovechamiento económico, pero poco se sabe sobre su estado actual, sobre su diversidad, sobre su conservación.

Esta serie especial de ictiología ecuatoriana, número I, es una contribución de la Red Ecuatoriana de Ictiología (REI), de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE) y de la Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI); que busca transmitir información científica para que esté al alcance de todos, accesible a un público amplio. Así, gestores, manejadores y tomadores de decisiones podrán contar con información sobre un recurso natural del que poco se habla, pero que es explotado (y sobreexplotado), porque poco se sabe. Aquí iniciamos un nuevo camino de acceso a la información sobre los peces del Ecuador.

Queremos agradecer el apoyo de todas las instituciones, que de una u otra manera, apoyan la investigación ictiológica en nuestro país; de forma especial a la empresa Envirotec por hacer un trabajo serio y responsable, de absoluto respeto con el ambiente y con las personas; así mismo al colega y compañero Windsor Aguirre por todo su trabajo, aporte a la ciencia y respaldo personal a este proyecto.

Presentación

Ecuator es considerado por factores geográficos y climáticos, uno de los 17 países megadiversos del planeta, gracias a la variedad de ecosistemas y formaciones vegetales, así como el gran número de especies de plantas, animales, hongos y otros microorganismos que se interrelacionan y co-existen en un territorio relativamente pequeño si se lo compara con sus países vecinos y también megadiversos. Uno de los grupos más representativos para todas las regiones del país son los peces, vertebrados primitivos primariamente acuáticos, que, si bien no hay cifras actuales de su riqueza, se estima que supera las 1.400 especies, entre peces marinos, intermareales y de agua dulce, de acuerdo a un informe del Instituto Nacional de Pesca en mayo de 2020.

Tanto especies marinas como dulceacuícolas están enfrentando graves amenazas a su supervivencia. De acuerdo al Informe de la *Evaluación Mundial sobre la Diversidad Biológica y los Servicios de los Ecosistemas* preparado por la Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios de los Ecosistemas (IPBES), en el 2015 alrededor del 33% de las poblaciones de peces marinos se estaban capturando a niveles insostenibles, mientras que el *Atlas de los Océanos*, una investigación realizada por la Fundación Heinrich Böll junto con diversos expertos internacionales, señaló que además de la sobreexplotación pesquera, la contaminación y el cambio climático, están provocando un alto estrés a los océanos y a su biodiversidad, anticipando graves problemas a la supervivencia del ser humano y en general al equilibrio planetario.

Por otra parte, la situación de los peces de agua dulce no es menos crítica. El informe *Los peces olvidados del mundo*, un informe publicado en el año 2021 por 16 organizaciones conservacionistas mundiales, detalla que las pesquerías de agua dulce proporcionan la principal fuente de proteínas para 200 millones de personas en Asia, África y América del Sur, así como trabajos y medios de vida para 60 millones de personas, sin embargo las más de 18.075 especies que ocurren en sistemas dulceacuícolas, continúan siendo subvalorados y pasados por alto, y un tercio del total de especies se enfrenta a la extinción, siendo uno de los grupos de mayor preocupación las poblaciones de peces de agua dulce migratorios que se han reducido en un 76% desde 1970, y los mega peces en un catastrófico 94%.

Frente a esta situación, más aún cuando en el Ecuador los ríos se consideran poco más que tuberías y alcantarillas, represas hidroeléctricas mal planificadas y evaluaciones de impacto ambiental poco efectivas, es fundamental generar estudios y proyectos de investigación que cierren la brecha de información que existe en el conocimiento del estado actual de ecosistemas acuáticos, y que brinden aportes sustanciales para la generación de instrumentos de política pública, como fue el caso del reciente Plan de Acción y Manejo de la Pesquería de Pelágicos Pequeños de Ecuador, el primer instrumento de manejo para una pesquería a escala industrial enmarcado en la nueva Ley Orgánica de Pesca y Acuicultura de Ecuador.

Diversidad de peces en Ecuador, un trabajo de acción colectiva que integra a varios autores de reconocida trayectoria en el campo de la ictiología a nivel local, nacional y regional, busca ser la primera de varias publicaciones que aborden diferentes temáticas relacionadas a la riqueza, historia natural, ecología, estado de conservación, propuestas de acción, entre otros, promoviendo la importancia de los peces en la conservación de la biodiversidad, la planificación y ordenamiento territorial, y el diseño adecuado de proyectos estratégicos, contando con evidencia científica e información disponible, como respuesta a las necesidades del sector público, productivo y otro que tenga relación a la generación y toma de decisiones.

Esta publicación es el primer producto formal de la Red Ecuatoriana de Ictiología (REI), pues anteriormente muchos de sus integrantes fueron los responsables de elaborar el primer Listado Rojo de peces dulceacuícolas del Ecuador (2019). La conformación de la REI es un gran paso en la comunidad científica ecuatoriana, pues la misma identificará y abordará las necesidades y prioridades para el estudio, monitoreo y desarrollo de propuestas de acciones de conservación de peces marinos, intermareales y dulceacuícolas en el Ecuador, tal como está enmarcado de forma general en la Agenda Nacional de Investigación sobre Biodiversidad, y un elemento importante en la implementación del Sistema Nacional de Monitoreo de Biodiversidad SINMBio, dos instrumentos estratégicos en nuestro país.

Sin duda, publicaciones como *Diversidad de peces del Ecuador*, permitirán y contribuirán al conocimiento de nuestra riqueza biológica, a conocer los beneficios que los peces nos brindan, y con ello a generar acciones efectivas para su conservación, generando impactos positivos tanto a los seres humanos como a la naturaleza.

Francisco J. Prieto-Albuja
Subdirector Técnico
Instituto Nacional de Biodiversidad - INABIO

Ecología de los peces amazónicos en el Ecuador

Cecilia Puertas.¹

¹ Escuela de Gestión Ambiental, Universidad Internacional del Ecuador UIDE. cepuertasdo@uide.edu.ec

Resumen

La Ecología es una ciencia que abarca una compleja variedad de factores que interactúan, unos con otros, haciendo muy complicado su estudio; en especial en la actualidad, en donde el enfoque del estudio autoecológico de las especies ha cedido paso al estudio sinecológico, es decir, más integral y holístico de la naturaleza. Estudiar la ecología de los peces es un reto aún mayor, debido a su alta diversidad y abundancia, por la importancia económica, social y cultural, así como por habitar un medio prácticamente desconocido para el ser humano.

Siendo los peces el grupo de vertebrados más diverso del planeta, es evidente que esta riqueza biológica contiene una amplia gama de factores genéticos, bioquímicos, fisiológicos y de comportamiento, además de la serie de atributos ecológicos, la mayoría aún desconocidos. El desafío es enorme y mucho lo que falta por estudiar.

En este análisis, se presenta algunos datos de la diversidad de peces, aspectos básicos y generalidades de la ecología de los peces amazónicos y del Ecuador, abordando temas como la variación espacio-temporal de las poblaciones y comunidades, así como de la ecología trófica.



Contenidos

1. Introducción	12
2. Generalidades	13
3. Peces de la Amazonía	14
3.1 Variación espacial	14
3.2 Variación temporal	17
3.3 Ecología trófica	18
4. Consideraciones finales	20
5. Referencias	20

1. Introducción

Los peces son los vertebrados más abundantes en la Tierra (Figura 1), con más de 34 mil especies de peces descritas, de esas la mitad de las especies son de agua dulce y la otra mitad habita ecosistemas marinos (Nelson et al, 2016; Klimpel et al, 2019). Son también el grupo de vertebrados más antiguo; los peces aparecieron en las aguas de la Tierra hace aproximadamente 500 millones de años y han sido capaces de adaptarse a los cambios, en la faz de la Tierra, hasta la actualidad; desarrollando una diversidad muy grande en su morfología, en los hábitats que ocupan, en su fisiología y en su comportamiento (Cala-Cala, 2019).

La diversidad conocida de peces de agua dulce y marinos continúa aumentando rápidamente, ya que continuamente se describen especies nuevas para la ciencia (Cala-Cala, 2019; Jézéquel et al, 2020). No debe sorprender que haya tanta variedad de peces si se considera la antigüedad del grupo, así como la gran extensión y variedad de ambientes acuáticos que existe.

Debido a que viven en un ambiente prácticamente desconocido para el ser humano, no hemos podido dimensionar el increíble éxito adaptativo de estos vertebrados; por ello durante mucho tiempo, fue el grupo de vertebrados menos estudiado; los esfuerzos de investigación básicamente se enfocaron en su aprovechamiento como alimento para los humanos.

Aunque los hábitats de agua dulce comprenden una pequeña fracción del total de los ambientes acuáticos en el planeta, mantienen una sorprendente cantidad de especies de peces (Cala-Cala, 2019). La ictiofauna neotropical tiene 5.600 especies descritas, lo que representa cerca del 45% de los peces de agua dulce en el mundo (Escobar-Camacho, 2015). El continente suramericano es reconocido como el más rico en especies de peces de agua dulce en el mundo, y si se considera que durante las dos últimas décadas fueron descritas más de 800 especies, las cifras actuales podrían estar siendo subestimadas (Cala-Cala, 2019).

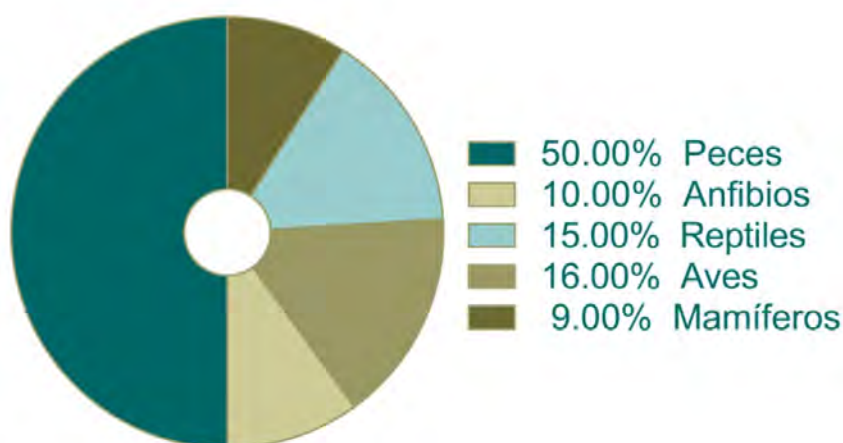


Figura 1. Representación porcentual del número de especies de vertebrados en el mundo

La región amazónica tiene una superficie de 7,76 millones de kilómetros cuadrados, repartidos entre nueve países: Brasil y Perú poseen la mayor extensión de la Amazonia, seguidos por Bolivia, Colombia, Venezuela, Ecuador, Guyana, Guayana Francesa y Surinam. El río Amazonas es el río más largo y caudaloso del planeta, con 6.992 km de longitud y una descarga al mar de más de 250.000 m³/s, lo que representa aproximadamente el 20% de toda el agua dulce que fluye hacia los océanos en el mundo (Val, 2019).

En la Amazonía, los peces han evolucionado ocupando casi todo nicho acuático imaginable, la cuenca del Amazonas contiene la mayor diversidad de peces que cualquier otra en el planeta, con más de 3.000 especies conocidas (Val, 2019). Se ha mencionado varios factores que han contribuido en la increíble diversificación de la ictiofauna amazónica, tales como: el levantamiento de los Andes, las fluctuaciones estacionales de los niveles de agua, el tamaño de la cuenca hidrográfica y su interacción por medio de conexiones con el Norte y el Sur, entre otras (Val, 2019).

En el Ecuador, la región amazónica corresponde al 46,7% del territorio nacional y contiene la mayor biodiversidad de peces del país. La lista de Barriga (2012), sugiere la existencia de 948 especies de peces de agua dulce e intermareales para el Ecuador, lo que representa el 7,3% de las especies de agua dulce del mundo y el 17% de las especies del neotrópico. De esas, 824 especies son estrictamente de agua dulce y 36% son endémicas (Barriga, 2012).

La riqueza de peces en los ríos amazónicos del Ecuador es tan importante, que por ejemplo, en la cuenca del Napo se conoce que habitan unas 500 especies en 225 géneros, cifras que exceden a las reportadas en cualquier otro sistema hidrográfico en el mundo; más aún, la zona ictiohidrográfica Napo-Pastaza, que abarca otras cuencas afines, es la más diversa, con 680 especies (Barriga, 2012).

En cuanto a la Ecología de los peces de nuestro país, es evidente que el campo de estudio es muy amplio; en este sentido, hay algunos estudios

realizados, principalmente en distribución y abundancia, y otros en ecología trófica, pero aún falta mucho por investigar (Barriga, 2012; Escobar-Camacho, 2015; Silva et al, 2017; Valdiviezo-Rivera, 2018).

2. Generalidades

La Ecología es la ciencia que estudia a los seres vivos, su ambiente, su distribución, abundancia y cómo esas propiedades son afectadas por la interacción entre los organismos y su ambiente. El estudio de la Ecología parte del organismo, y continúa hacia los niveles superiores: población, comunidad, ecosistema y biósfera. El ambiente de un organismo consiste de todos aquellos factores y fenómenos fuera del organismo que influyen en él, sean estos físicos y químicos (abióticos) u otros organismos (bióticos).

Uno de los objetivos principales de la Ecología es entender la distribución y abundancia de los seres vivos; busca responder preguntas clave, como: ¿Dónde? ¿Cuántos? y ¿Por qué? Para poder responderlas es necesario estudiar las interacciones y adaptaciones de los organismos, el movimiento de materia y energía, a través de las comunidades vivas, la abundancia y la distribución de los organismos y de la biodiversidad en el contexto del medio ambiente.

Los estudios ecológicos incluyen:

- Diversidad (riqueza y abundancia)
- Función (flujos de materia y energía)
- Estructura y complejidad del ecosistema (componentes físicos)
- Interacción e interdependencia
- Dimensión espacial
- Cambio temporal

El ecosistema acuático es uno de los más biodiversos del planeta; los factores propios del sistema y algunos provenientes del ecosistema terrestre interactúan entre sí, originando la gran complejidad del mismo.

Del volumen total de agua en el planeta, tan solo 2.5% es agua dulce y dos tercios de esta se encuentra congelada en los glaciares y casquetes polares. El restante 0.8% del agua dulce está contenida en los lagos, ríos, acuíferos, suelo, plantas y la atmósfera. Sin embargo, la biodiversidad presente en esta pequeña porción es sorprendente, y obviamente, los peces no son la excepción (Granado, 2000).

Todas las funciones vitales de los peces, como la alimentación, la digestión, el crecimiento, la respuesta a los estímulos y la reproducción, dependen del agua y por tanto son susceptibles de lo que en ella ocurra. El agua es vía de circulación, medio general de comunicación, guardería infantil, patio de recreo, escuela, recámara, lecho, despensa, bebedero, sanitario y tumba para un pez (Lagler et al, 1984).

Entre los factores abióticos más importantes y básicos del agua que influyen en los peces son:

- Oxígeno disuelto
- Sales en solución
- Penetración de la luz
- Temperatura
- Presencia de sustancias tóxicas
- Concentración de nutrientes
- Heterogeneidad espacial (Desove, escondites, descanso, partición del hábitat)

Además, también intervienen en la composición de las comunidades ícticas los siguientes aspectos:

- La altitud
- La gradiente del cuerpo de agua
- Las precipitaciones
- La temperatura ambiente
- La cubierta forestal
- La composición del suelo

Además, los peces pueden ser buenos indicadores de los patrones en la biodiversidad del ecosistema acuático, porque su enorme variedad refleja una amplia gama de condiciones ambientales (Moyle et al, 1992), su tamaño y movilidad les permite influir en el transporte de sustancias y elementos

en los ecosistemas y son bioacumuladores de metales pesados y otros contaminantes tóxicos en el agua (Murtala et al, 2012).

3. Peces de la Amazonía

A pesar de la gran riqueza ictiológica de la Amazonía, son pocos los grupos que dominan gran parte de esta diversidad. Específicamente, dos grupos contienen el 85% de todas las especies: Characiformes y Siluriformes. El orden de los Characiformes, con más de 2.000 especies descritas, incluye 19 familias, de las cuales Characidae es la más diversa con aproximadamente 1.100 especies. Se ha documentado casos de diversidad críptica en algunos grupos de Characiformes, por ejemplo, en los gasteropelécidos y en el género *Astyanax* (Escobar-Camacho, 2015).

La diversidad de peces en la Amazonía varía tanto espacial como temporalmente. La variación espacial estaría relacionada con la complejidad de hábitats acuáticos de la región y sus diferentes condiciones físico-químicas. Mientras que la variación temporal estaría dada en respuesta a las fluctuaciones estacionales de los niveles de agua (Granado, 2000). Tanto peces como los demás organismos acuáticos se han adaptado a estas fluctuaciones.

Los cambios estacionales en los niveles del agua determinan el ritmo de actividad reproductiva, de crecimiento, de alimentación y de distribución de los peces; así como también definen la estructura de las comunidades, la abundancia y composición de la biota acuática (Goulding et al. 1988).

3.1. Variación espacial

Los peces de agua dulce están restringidos por su fisiología a los ríos y lagos, y generalmente poseen capacidad limitada para dispersarse a través de barreras terrestres. Como resultado, a menudo hay una estrecha coincidencia entre la historia evolutiva de las cuencas fluviales y los linajes de peces que las habitan. Hay patrones en la biodiversidad, por ejemplo los linajes,

que generalmente caracterizan el límite de las poblaciones en la cuenca o entre cuencas, o el hecho de que exista una mayor diversidad en las elevaciones más bajas.

Existe poca información sobre la estructura fina de la distribución de los peces en agua dulce. Aunque los números totales en los grandes sistemas suelen ser altos, distintos grupos de especies se ubican, con frecuencia, en porciones diferentes del sistema. Algunas especies se limitan a las aguas turbulentas de los rápidos y de los tributarios en las cabeceras, mientras que otras prefieren los sectores de flujo lento de la llanura (Welcomme, 1992).

En este sentido, cabe suponer que cualquier especie dista de ser homogénea, y que pueden distinguirse subpoblaciones, estirpes o stocks dentro del sistema (Galvis et al, 2006). Estas agrupaciones, son poblaciones de una misma especie, que pueden estar separadas en los

distintos cuerpos de agua; si existe una conexión que permita que estas poblaciones interactúen, se trataría de metapoblaciones.

Una metapoblación consiste de un grupo de poblaciones de una especie, separadas en el espacio, que interactúan entre sí a cierto nivel (Figura 2a). Estas poblaciones separadas que interactúan son subpoblaciones, y cada una de estas puede mantener espacios propios para la reproducción, y espacios para la alimentación, pero que en ciertos momentos podrían reproducirse entre sí.

Pero en los ríos y cuerpos de agua separados geográficamente, sin ninguna conexión posible, o incluso donde los tramos de pozas alternan con tramos de rápidos, las condiciones parecen particularmente indicadas para un tipo de aislamiento genético, que conduce al establecimiento de poblaciones reproductoras separadas (Figura 2b).

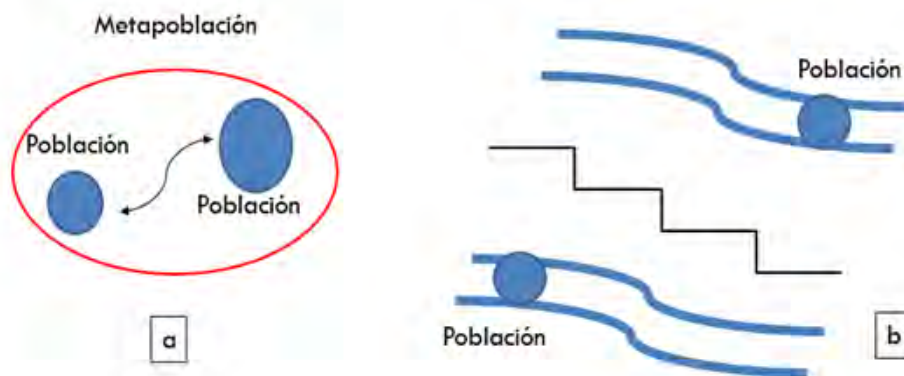


Figura 2. a) Metapoblación: dos subpoblaciones de una especie que interactúan, b) Dos poblaciones separadas geográficamente que no interactúan.

Las especies migratorias tienen más oportunidades para la dispersión y la mezcla de linajes, aunque aún en este caso hay indicios de que se forman subpoblaciones. Mientras que aquellas cuyos movimientos son mínimos, serían más propensas a presentar aislamiento reproductivo (Welcomme, 1992). Hay especies que presentan

grados de territorialidad, permanecen, y protegen un área específica (ej. algunos cíclidos), debido al cuidado parental que poseen (Welcomme, 1992).

Los peces se mueven, de las zonas de descanso o de cría a los lugares de alimentación; por lo que tienen que viajar de un lugar a otro, estimulados,

muchas veces por las fluctuaciones estacionales en el nivel del agua (Figura 3) (Silva et al, 2017). De acuerdo a esto existen tres tipos de movimiento:

- Longitudinal: de aguas arriba hacia aguas abajo y viceversa, generalmente dentro del cauce principal.
- Lateral: desde la zona de inundación hacia el cauce, o desde el río a la laguna y/o viceversa.
- Vertical: cuando las especies se dirigen a la superficie en el día para alimentarse, luego vuelven al fondo en diferentes periodos de tiempo.

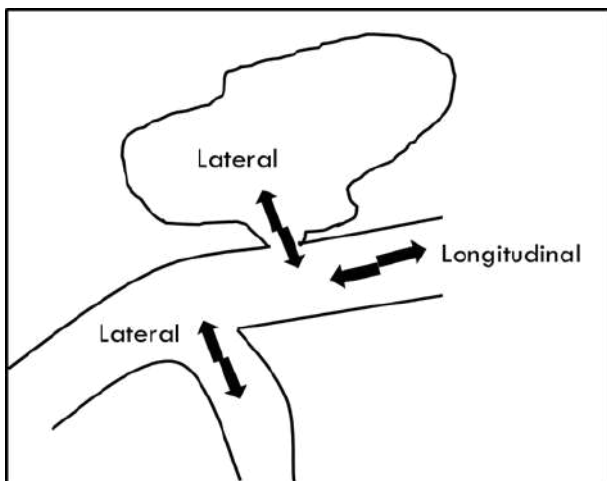


Figura 3. Movimiento longitudinal y lateral de los peces

Los peces tienen un especial instinto de orientación, principalmente los migratorios; por ejemplo, en un estudio donde se utilizó individuos marcados de una especie de *Prochilodus*, que fueron llevados, desde su lugar de origen a varios cientos de kilómetros, incluso a ramales distintos del mismo sistema fluvial; algunos peces regresaron al punto de origen en poco tiempo, lo que indica un alto sentido de la orientación de algunos peces (Welcomme, 1992).

Los grandes bagres de la familia Pimelodidae, realizan extensas migraciones, las cuales están reguladas por los pulsos de inundación, donde el incremento del nivel del agua, dado por las grandes precipitaciones en sus cabeceras, estimula el inicio de migraciones, al mismo

tiempo que inicia el proceso de maduración gonadal, lo que da como resultado que los individuos se dirijan a las áreas de desove, casi siempre río arriba, y así culminar su proceso reproductivo.

Los géneros *Branchyplatystoma* y *Pseudoplatystoma* (Figura 4) son los que se destacan como migratorios (Villamil-Rodríguez et al, 2018).



Figura 4. Bagre rayado *Pseudoplatystoma tigrinum*
Foto: C. Puertas D.

El bocachico -*Prochilodus nigricans*- (Figura 5) efectúa cuatro tipos de migración anual: una reproductiva aguas arriba del cauce principal para desovar y alimentarse; una deriva pasiva de huevos y larvas en el cauce principal; una migración masiva en el cauce principal, asociada con el reclutamiento, dispersión y sobrevivencia; y finalmente una caracterizada por movimientos locales laterales, como respuesta al cambio de las condiciones del hábitat (Silva et al, 2017). La distancia que puede recorrer son varios cientos de kilómetros, aunque no se ha determinado con exactitud. Son miles de individuos que llegan a desovar y producen un sonido, que puede ser escuchado durante dos o tres semanas, especialmente al atardecer, su propósito aún es desconocido.



Figura 5. Bocachico *Prochilodus nigricans*
Foto: C. Puertas D.

Este tipo de movilidad espacial se conoce como migración potamodroma, que ocurre enteramente dentro de ecosistemas acuáticos continentales, abarcando hábitats tanto lacustres como fluviales (Villamil-Rodríguez et al, 2018).

Adicionalmente, a lo detallado previamente con respecto a las variaciones espaciales, en la Amazonía se encuentran distintos tipos de aguas, clasificadas de acuerdo a su coloración, cada una con características particulares. Alfred Russel Wallace (1852-1853) fue el primer naturalista en dividir las aguas, de la cuenca hidrográfica del Amazonas, en tres grandes tipos: aguas blancas, aguas claras (o agua azul) y ríos de aguas negras (Cala-Cala, 2019; Val, 2019).

- **Negras:** pH ácido (3.8 - 4.9), pobre en nutrientes; aguas distróficas o ricas en humus que tienen su origen en la planicie amazónica. Tienen cierta transparencia, pero son aguas oscuras, debido a la liberación de colorantes naturales como taninos y polifenoles.
- **Blancas:** pH ligeramente ácido a neutro (6.2 - 7.2), presencia de nutrientes, sedimentos en suspensión que acarrearán de su origen en las cabeceras de los Andes, hacen sus aguas blanco-amarillentas y turbias.
- **Claros:** pH ácido a relativamente básico (4.5 - 7.8) nacen en terrenos con agua cristalina y sus cursos tienen una pendiente reducida, sobre rocas primitivas cuya erosión es muy escasa.

Aun cuando no haya barreras físicas separándolas, las características físico-químicas del agua pueden ser factores limitantes para algunos de los peces que las habitan. En la estación lluviosa, las aguas se pueden mezclar en las desembocaduras, aguas arriba del río afluente o aguas abajo del río principal.

Las características del agua variarán a lo largo del curso de agua y en la columna vertical del agua, dependiendo de las condiciones de la vegetación ribereña, las condiciones hidrodinámicas -rápidos

(riffles) y pozas (pools)- por la geomorfología del cuerpo de agua, la descarga de contaminantes, concentración de nutrientes, turbidez, temperatura y cantidad de oxígeno (Welcomme, 1992).

3.2. Variación temporal

Las comunidades son dinámicas, la composición y abundancias relativas de las especies varían a lo largo del año. Lo cual está dado por los movimientos de los peces, que a su vez están relacionados con la reproducción, la búsqueda de mejores fuentes de alimento, y por el pulso de inundación regulado por la estacionalidad (Welcomme, 1992; Tejerina-Garro et al, 1998).

Los cambios estacionales en los niveles del agua, determinan el ritmo de la actividad reproductiva, del crecimiento, de la alimentación, de la distribución y de la migración; por lo que definen la estructura de las comunidades, así como la abundancia y la composición de la biota acuática.

La Amazonía ecuatoriana tiene dos estaciones: seca y lluviosa, con dos períodos de transición donde los niveles del agua fluctúan: seca entre noviembre y febrero y lluviosa entre abril y julio (Terneus, 2007).

Las grandes fluctuaciones estacionales del nivel del agua en la Amazonía, son el principal factor regulador de las comunidades acuáticas. Los pulsos de inundación y contracción del ecosistema acuático determinan cambios en la extensión del hábitat, en los procesos productivos del mismo y en las características químicas del agua, obviamente influyendo en la estructura de la comunidad de peces (Galvis et al, 2006)

La importancia del pulso de inundación radica en su relación directa como uno de los factores principales que condicionan la biología y ecología de los ecosistemas amazónicos, ya que existe una dinámica en el intercambio de nutrientes y energía entre el componente acuático y el terrestre (Welcomme, 1992).

La mayoría de las especies se reproducen al inicio de la época lluviosa, en el período de

inundaciones; esta es la época de alimentación y crecimiento. La grasa es acumulada, es la que les permitirá a los peces subsistir durante la época seca. Los alevines nacen en el momento que hay más alimento y espacio, para cubrir sus necesidades y esconderse de sus enemigos (Welcomme, 1992).

En el descenso de las aguas, las especies migratorias empiezan a formar cardúmenes y a iniciar su periodo de migración, que durará todo el periodo de aguas bajas, hasta el inicio de la inundación, donde reducirán su actividad alimenticia, tiempo conocido como “invierno fisiológico”. La fase de aguas bajas es el momento propicio para los depredadores, que van en busca de cardúmenes de peces de menor talla, que se encuentran migrando o atrapados en las pozas o lagos (Villamil-Rodríguez et al, 2018).

Por otra parte, durante los períodos de lluvias, partes del bosque se inundan, creando nuevos hábitats transitorios, disponibles para la biota acuática; durante los períodos de sequía, estos hábitats no existen. En la época seca, el hábitat disponible para los peces se reduce, provocando numerosas concentraciones en el canal principal, por lo que siempre hay un movimiento de caza enfocado en estos sitios (Galvis et al, 2006).

Algunas especies pueden sobrevivir a estos cambios, sin necesidad de migrar hacia el cauce principal, gracias a diversas adaptaciones que poseen. Por ejemplo, la especie *Synbranchus marmoratus* puede respirar aire atmosférico. Sobrevive en ambientes casi completamente secos, en agujeros excavados de terrenos planos con barro húmedo. Durante este período, puede sobrevivir durante meses, en condiciones de hibernación (FishBase, 2019).

El guanchiche -*Hoplias malabaricus*- (Figura 6) puede también respirar aire atmosférico. Sobrevive en ambientes casi completamente secos y anóxicos, enterrado en el lecho de barro o entre la vegetación. *Hoplerythrinus unitaeniatus* igualmente puede respirar aire atmosférico y sobrevivir durante largos períodos fuera del agua (FishBase, 2019).



Figura 6. Guanchiche *Hoplias malabaricus*
Foto: C. Puertas D.

Pero además, varias características del agua pueden variar a lo largo del día, tanto en los períodos de abundante agua como durante la sequía, siendo la disponibilidad de oxígeno el aspecto más relevante, desde el punto de vista fisiológico. Dependiendo, al mismo tiempo, de las condiciones de la vegetación ribereña, de la precipitación, de los vientos, así como la descarga de contaminantes que pueda existir. Todo esto influye en la estratificación y mezcla de la columna de agua, la cual a su vez impacta en la concentración de nutrientes, turbidez, temperatura y cantidad de oxígeno.

Debido a la alta diversidad de peces existente en la Amazonía, muchos tienen hábitos similares, por lo que hay un intercambio diario en los comportamientos, lo que reduce la competencia interespecífica. Así, existen peces diurnos, nocturnos o crepusculares. Por ejemplo, muchos cíclidos y coracoides son activos durante el día, mientras que los siluriformes y gimnótidos son activos en la noche (Machado-Allison, 1993).

3.3 Ecología trófica

El estudio de los hábitos alimenticios y dietas en los peces, proporciona información para estimar el funcionamiento trófico de un ecosistema, es decir, el conjunto de relaciones entre la depredación y la competencia entre organismos. Esto brinda información sobre el flujo de la materia en el sistema.

El ecosistema acuático amazónico se caracteriza por sus aguas de bajo contenido mineral y escasez de nutrientes (si bien puede existir gran variación local o puntual). En general, los ríos de la Amazonía tienen una baja producción primaria, por lo que la cadena alimenticia no puede mantenerse solo a partir de los recursos endógenos, para mantener la gran biomasa de animales (Galvis et al, 2006).

El alimento puede provenir de dos fuentes:

- Recursos autóctonos: propios o producidos en el mismo sistema.
- Recursos alóctonos: que no son originarios del lugar en que se encuentran.

La fuente principal de alimentos de los peces proviene del bosque adyacente, alimentos tales como semillas, flores, frutos e invertebrados que caen al agua (material alóctono). En un estudio realizado en Brasil, con más de 50 especies de peces comerciales, se encontró que el 75% de éstos tienen cadenas alimenticias que se originan en los bosques inundados (Goulding et al. 1988).

La forma y ubicación de los dientes y la boca están relacionados con el tipo de alimento que consumen. En muchas especies la dieta durante las primeras etapas de vida es planctónica y al crecer cambia. En la Amazonía, los hábitos alimenticios son tan variados como los hábitats e ítems presentes. Incluyendo ciertos hábitos alimenticios, insospechados 20 años atrás, como la dieta parcialmente vegetariana de las pirañas o los peces que comen lodo y escamas (Diana, 1995).

Una de las adaptaciones más inusuales en los peces, es el consumo de frutos (cachamas, pirañas), que cumplen un papel en la dispersión de semillas, es decir que estarían influenciando también en la estructura de la comunidad de las plantas en tierra (Goulding et al. 1988; Diana, 1995). La vegetación de ribera es sumamente

importante para los peces, ya que brinda refugio contra los depredadores, ofrece sitios adecuados para el desove y es una fuente de alimento para los ríos pobres en nutrientes.

En la Amazonía existen peces con adaptaciones y especializaciones únicas:

- Comedores de frutos (frugívoros) y semillas; sin paralelo en ningún otro lugar del mundo.
- Comedores de escamas (lepidófagos)
- Comedores de aletas (ptorigiófagos)
- Especies parásitas hematófagas

Los principales gremios alimenticios son:

- Herbívoros
- Alguívoros
- Detritívoros
- Insectívoros
- Omnívoros
- Piscívoros

Las especies herbívoras y detritívoras ingieren alimento de manera continua, mientras que las carnívoras lo hacen con menos frecuencia. La disponibilidad de cualquier organismo que pueda servir como alimento para los peces, no siempre es constante debido a las fluctuaciones naturales en su abundancia, que en muchos casos son cíclicas debido a su desarrollo biológico, condiciones climáticas u otras relacionadas con el medio ambiente.

Los peces especializados en el consumo de otros peces tienen dos tipos de estrategia de caza: persecución activa de las presas o caza al acecho o emboscada. En el primer caso confía su éxito a la velocidad, mientras que en el segundo confía tanto en el camuflaje como en la velocidad (Juanes et al, 2002).

4. Consideraciones finales

Los peces que viven en un determinado ecosistema acuático, han adaptado sus ciclos de vida a las condiciones de ese ecosistema, lo que incluye adaptaciones, tanto a las características abióticas (físico-químicas), como a las bióticas (depredación, competencia, simbiosis, etc.); creando un estado de equilibrio, que es dinámico entre las condiciones de ese ambiente y la comunidad de organismos que lo habitan. Los peces desempeñan funciones primordiales en esa dinámica, a través de la regulación de la estructura trófica, los flujos de energía, los ciclos de nutrientes o la distribución de semillas, entre otras. Las comunidades de peces son dinámicas y sus abundancias relativas están en continuo cambio, dependiendo sobre todo de las fluctuaciones en los niveles del agua.

Las actividades antrópicas alteran los ecosistemas acuáticos naturales, sea debido a la

contaminación (hidrocarburos, aguas servidas, químicos, pesticidas, abonos artificiales, etc.), la deforestación (tala de bosques, construcción de caminos, colonización, pastizales, agricultura, etc.), la alteración del caudal y el cauce (proyectos hidroeléctricos, sistema de agua para cultivos, obras de infraestructura, etc.), el cultivo de especies introducidas, la sobrepesca y el uso de formas de pesca nocivas, afectan de forma directa e indirecta a las comunidades acuáticas, entre las que se encuentran los peces. Estos cambios se ven reflejados en las comunidades de peces, sobre todo en la riqueza, en la abundancia y en la estructura de la cadena trófica.

Es evidente la importancia de los peces, para el ecosistema y para la vida de todo el planeta, debemos aumentar los esfuerzos por estudiar, conocer y reconocer a este asombroso y complejo grupo, como indispensable para todo nuestro mundo. Preparémonos para maravillarnos ante lo que encontremos.

5. Referencias

- Barriga, R. (2012). Lista de Peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. Quito: Revista Politécnica 30 (3): 83–119
- Cala-Cala, P. (2019). Medio ambiente y diversidad de los peces de agua dulce de Colombia. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Colección Jorge Álvarez Lleras No. 36.
- Diana, J. (1995). *Biology and Ecology of Fishes*. Carmel, IN: Biological Sciences Press.
- Escobar-Camacho, D., Barriga, R. y Ron, S. R. (2015). Discovering Hidden Diversity of Characins (Teleostei: Characiformes) in Ecuador's Yasuní National Park. *Plos One*, 10 (8), 1-13.
- FishBase A Global Information System on Fishes. Ver. 12/2019. Recuperado el 25 de noviembre 2020 de <https://www.fishbase.se/search.php>
- Galvis G., Mojica, J. I., Duque, S. R., Castellanos, C., Sánchez-Duarte, P., Arce, M., Gutiérrez, A., Jiménez, L. F., Santos, M., Vejarano, S., Arbeláez, F., Prieto, E. y Leiva, M. (2006). *Peces del Medio Amazonas, Región de Leticia*. Bogotá: Serie de Guías Tropicales de campo No. 5. Conservación Internacional. Editorial Panamericana, Formas e Impresos.
- Granado, L. C. (2000). *Ecología de comunidades: El paradigma de los peces de agua dulce*. Secretariado de publicaciones. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Goulding, M., Leal-Carvalho, M. y Ferreira, E.G. (1988). *Rio Negro: Rich life in poor water: Amazonian diversity and foodchain ecology as seen through fish communities*. The Hague: SPB Academic Publishing.
- Jézéquel, C., Tedesco, P.A., Bigorne, R. et al. (2020). A database of freshwater fish species of the Amazon Basin. *Scientific Data*, 7 (96), 1-9.

- Jiménez-Prado, P., Aguirre, W., Laaz-Moncayo, E., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Rebolledo-Monsalve, E., Zárate-Hugo, E., Torres-Noboa, A. y Valdiviezo-Rivera, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Esmeraldas: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Juanes, F., Buckel, J.A. y Scharf, F.S. (2002). Feeding ecology of piscivorous fishes. In Hart, P.J.B. y Reynolds, J.D. (Eds.) The handbook of fish biology and fisheries Vol 1, Fish biology (pp. 267-283). Londres: Blackwell Scientific Publications.
- Klimpel S., Kuhn, T., Münster, J., Dörge, D., Klapper, R. y Kochmann, J. (2019). Anatomy and Morphology of Fish and Cephalopods. In: Parasites of Marine Fish and Cephalopods. (Chapter 2). New York, NY: Springer, Cham.
- Lagler K.F., Bardach, J., Millar, R. y May Pasino, D. (1984). Ictiología. México: AGT Editor.
- Machado-Allison, A. 1993. Los peces de los llanos de Venezuela. Segunda edición. Universidad Central de Venezuela. Caracas: Imprenta Litopar, C.A.
- Moyle, P.B. y Leidy, R.A. (1992). Loss of Biodiversity in Aquatic Ecosystems: Evidence from Fish Faunas. In: Fiedler, P.L. y Jain, S.K. (Eds.) Conservation Biology. (Chapter 6). Boston, MA: Springer.
- Murtala, B., Waidi O. Abdul y Adeolu A. Akinyemi. (2012). Bioaccumulation of Heavy Metals in Fish (*Hydrocynus forskahlii*, *Hyperopisus bebe occidentalis* and *Clarias gariepinus*) Organs in Downstream Ogun Coastal Water, Nigeria. *Journal of Agricultural Science*, 4(11), 51-59.
- Nelson, J., Grande, T. y Wilson, M. (2016). *Fishes of the World*. Fifth Edition. New Jersey: Ed. John Wiley & Sons, Inc.
- Silva, E. A., y Stewart, D. J. (2017). Reproduction, feeding and migration patterns of *Prochilodus nigricans* (Characiformes: Prochilodontidae) in northeastern Ecuador. *Neotropical Ichthyology*, 15(3), 1-13.
- Terneus, E. (2007). Las plantas acuáticas en el Sistema Lacustre-Riberino Lagartococha, Reserva de Producción Faunística Cuyabeno, Ecuador. *Actualidades Biológicas* 29(86), 97-106.
- Val, A L. (2019). Fishes of the Amazon: diversity and beyond. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 91(3), 1-9.
- Villamil-Rodríguez, J., Cortés-Ávila, L. y Rodríguez-Pulido, J. (2018). Generalidades sobre la migración de bagres amazónicos de la familia Pimelodidae y su relación con los ciclos hidrológicos. *Orinoquia*, 22(2), 224-235.
- Valdiviezo-Rivera, J., Carrillo-Moreno, C. y Gea-Izquierdo, E. (2018). Annotated list of freshwater fishes of the Limoncocha Lagoon, Napo river basin, northern Amazon region of Ecuador. *Check List* 14(1):55-75.
- Welcomme, R.L. (1992). Documento Técnico de Pesca. FAO. No. 262. Roma: FAO.
- Tejerina-Garro, F.L., Fortin, R. y Rodríguez, M.A. (1998). Fish community structure in relation to environmental variation in floodplain lakes of the Araguaia River, Amazon Basin. *Environmental Biology of Fishes* 51, 399-410.



Patrones biogeográficos y taxonómicos de los peces de la vertiente occidental del Ecuador

Ronald Navarrete Amaya¹, Virginia R. Shervette², Diana Vélez³, Windsor E. Aguirre⁴

¹ Urb. Paraíso del Río 1. Mz. 29. Villa 14. Guayaquil, Ecuador. ronaldnavarreteamaya@gmail.com

² Department of Biology and Geology, University of South Carolina, Aiken, SC, 29801 USA. shervette@gmail.com

³ Carcelén. Av. José Velasco N055 y Rafael Carvajal. Quito, Ecuador. dianavelezalvarado87@gmail.com

⁴ Department of Biological Sciences, DePaul University, Chicago, IL 60614 USA. waguirre@depaul.edu

Resumen

Los peces de agua dulce en la vertiente occidental del Ecuador presentan altos niveles de endemismo producto de su largo aislamiento por el levantamiento de la cordillera de los Andes y otras barreras geográficas en la región. En este trabajo, por medio de la literatura y de nuestras colectas, resumimos los conocimientos actuales sobre la distribución geográfica y la diversidad taxonómica y ecológica de los peces de agua dulce del oeste del Ecuador. Describimos la diversidad de peces en la región, resaltando los grupos más diversos. Comparamos la ictiofauna de la vertiente occidental con la oriental del Ecuador, destacando las diferencias principales en la diversidad taxonómica de peces entre estas regiones. Mediante métodos cuantitativos de agrupamiento, examinamos las relaciones entre las zonas ictiohidrográficas de la vertiente occidental.

La fauna de peces de agua dulce del occidente de Ecuador ha sido previamente dividida en cuatro zonas, de norte a sur: Santiago Cayapas, Esmeraldas, Guayas y Catamayo. De las 113 especies de la vertiente occidental el 39,8 % son endémicas. El porcentaje de especies endémicas en el occidente de Ecuador es mayor que el de regiones similares también conocidas por su endemismo, como el Chocó colombiano, donde el 33 % de las especies (63 de 186) son endémicas. De las 113 especies, 40 (35,4 %) se encuentran en una sola zona, mientras que solo 13 (11,5 %) se distribuyen en las cuatro zonas. Esto indica que hay un recambio importante de especies entre las zonas, a pesar de la corta distancia geográfica entre ellas, mostrando un patrón de diferenciación que se incrementa con su separación espacial.

Las cuencas hidrográficas septentrionales y la austral solo comparten un 18,3 % de sus especies. No hemos encontrado especies endémicas compartidas entre zonas discontinuas. Las zonas de Santiago Cayapas y Esmeraldas comparten 43 de las 84 especies que están registradas para estas dos zonas, de las cuales cuatro son especies endémicas que están restringidas solo a estas dos zonas. La zona Esmeraldas comparte con su vecina Guayas el 50 % de las especies, pero ninguna endémica exclusiva, aunque si comparten seis especies endémicas del oeste de Ecuador que también se encuentran en la zona Santiago Cayapas o en la de Catamayo.

En la zona Guayas se encuentra la mayor cantidad de especies de peces (68), seguida por las zonas Santiago Cayapas (64), Esmeraldas (63) y Catamayo (52). La zona Guayas está más relacionada con la zona Catamayo, con la cual comparten el 50 % de las 76 especies que suman entre las dos zonas. La zona de Guayas posee 30 especies que no están registradas para la zona de Catamayo, mientras que la segunda solo tiene ocho especies que no han sido registradas en la zona de Guayas, por lo que la zona de Catamayo es prácticamente una subunidad de la de Guayas. Las zonas Guayas y Esmeraldas resultaron poco disímiles, con un índice de Jaccard de 0,54.

Contenido

Introducción.....	24
1. Métodos.....	25
1.1. Listado y distribución geográfica de las especies.....	25
1.2. Relaciones entre las zonas ictiogeográficas	25
1.3. Límites de las cuencas hidrográficas y uso del suelo	25
1.4. Mapa de las zonas ictiohidrogeográficas.....	26
2. La ictiofauna de la vertiente occidental del Ecuador	26
2.1. Diversidad de la ictiofauna	26
2.2. Diversidad taxonómica y ecológica por orden:	26
2.2.1. Characiformes	26
2.2.2. Siluriformes	29
2.2.3. Gymnotiformes	31
2.2.4. Cyprinodontiformes	31
2.2.5. Beloniformes	31
2.2.6. Synbranchiformes	31
2.2.7. Sygnathiformes	31
2.2.8. Perciformes	31
2.2.9. Cichliformes	32
2.2.10. Mugiliformes	32
2.2.11. Gobiiformes	32
2.2.12. Pleuronectiformes	33
2.3. Comparación de la ictiofauna de la vertiente occidental con la vertiente oriental del Ecuador.....	34
3. La vertiente occidental, sus cuencas hidrográficas y las zonas ictiohidrográficas.....	36
3.1 Uso del suelo	36
3.2. Cuencas hidrográficas y zonas ictiohidrográficas.....	38
3.2.1. Zona Santiago-Cayapas (ZSC)	39
3.4. Zona Esmeraldas	39
3.5. Zona Guayas.....	39
3.6. Catamayo.....	41
4. Relaciones entre las zonas ictiohidrográficas	41
5. Limitaciones	43
6. Conclusiones.....	43
Agradecimientos	44
Bibliografía	44

Introducción

Los peces de agua dulce del Ecuador están entre los vertebrados más diversos, pero menos estudiados del país. La riqueza, distribución y composición de la ictiofauna continental del Ecuador es determinada principalmente por la cordillera de los Andes. De los 256 624 km² de área del Ecuador continental, el 49 % se encuentra al oeste de la divisoria de la cordillera de los Andes y drena hacia el océano Pacífico (región trasandina) y el 51 % está al este (región cisandina) y drena, a través del río Amazonas, hacia el Océano Atlántico (UICN, Secretaría Nacional del Agua y Comunidad Andina 2009). Aunque estas regiones tienen áreas similares, los ríos de la vertiente oriental están en una región de alta precipitación y bosque húmedo, y forman parte de la gran cuenca del río Amazonas que recorre casi todo el ancho de Sud América hasta drenar en el Océano Atlántico. Estos ríos están habitados por algunas de las comunidades de peces más diversas del mundo (Barriga, 2012; van der Sleen & Albert, 2018).

En la vertiente occidental, los ríos son mucho más pequeños debido a que los Andes están muy cerca al Océano Pacífico y la región es generalmente más seca, aunque hay un gradiente de precipitación de norte a sur. La región noroccidental cerca de Colombia tiene un nivel alto de precipitación que va disminuyendo hacia el sur. La diversidad biológica es mucho menor en la Costa que en el Oriente pero la proporción de especies endémicas en la Costa suele ser alta (Bonifaz & Cornejo, 2004; Dodson et al., 1985; Dodson & Gentry, 1978). Esto probablemente se debe al aislamiento de la región durante millones de años debido al levantamiento de la cordillera los Andes (Albert et al., 2011). Los peces de agua dulce de la vertiente occidental exhiben este patrón, baja diversidad en comparación con las comunidades de la vertiente oriental pero uno de los niveles más altos de endemismo de todo Sud América (Barriga, 2012; Jiménez-Prado et al., 2015).

Muchas de las cuencas de la vertiente occidental han sido severamente degradadas por la conjunción de varios de factores incluyendo la deforestación, el excesivo pastoreo, la agricultura en suelos inapropiados, la contaminación urbana e industrial, la minería ilegal, obras de ingeniería necesarias sin adecuadas medidas de mitigación y control de impactos, etc., por lo que es probable que la abundancia y diversidad de peces esté declinando en algunos ríos. Aunque Barriga (2012) y Jiménez-Prado et al. (2015) presentan listados de especies para las cuencas principales de la vertiente occidental, no ha habido estudios sistemáticos que cuantifiquen como difiere la ictiofauna entre las cuencas de la región.

En este capítulo, resumimos los conocimientos actuales sobre la distribución geográfica de la diversidad taxonómica y ecológica de los peces de agua dulce de la vertiente occidental del Ecuador a base de la literatura y de nuestras colectas. Empezamos describiendo la diversidad de peces en la región, comparando su diversidad taxonómica con la de la vertiente oriental del Ecuador y resaltando grupos que están sobre- o sub-representados en la región Costa. Luego, describimos las características de las principales cuencas geográficas de la vertiente occidental como parte de las zonas ictiohidrográficas del Ecuador (Barriga, 2012). Mediante métodos cuantitativos de agrupamiento, examinamos las relaciones entre las zonas ictiohidrográficas de la región con base en la composición de las comunidades de peces que habitan en ellas. Finalizamos resaltando cómo cambia la diversidad taxonómica y ecológica de peces entre las principales cuencas hidrográficas de la vertiente occidental, y hacemos recomendaciones para futuros estudios.

1. Métodos

1.1. Listado y distribución geográfica de las especies

se utilizó como base la lista elaborada por Barriga (2012), revisada y modificada por Jiménez Prado et al. (2015). A esta última, se han agregado las especies recientemente descritas y nuevos registros para el oeste de Ecuador, formalmente publicados o producto de nuestras colecciones. En algunos casos se han realizado correcciones taxonómicas. Para las zonas ictiohidrográficas, seguimos el esquema general de Barriga (2012), quien dividió a la vertiente occidental en cinco zonas: (1) Intermareal, (2) Santiago-Cayapas, (3) Esmeraldas, (4) Guayas, y (5) Catamayo. Detalles sobre los límites geográficos de estas zonas se encuentran en la sección sobre las cuencas hidrográficas y las zonas ictiohidrográficas. Especies registradas exclusivamente como intermareales por Barriga (2012) no han sido incluidas con la excepción de las especies que se colectan con frecuencia en agua dulce. Para la zona de Catamayo, se usó la reciente publicación de Villamarín-Cortez et al. (2018), que incluye un número significativo de especies adicionales para esta zona que no estaban incluidos en los trabajos de Barriga (2012) o Jiménez-Prado (2015). Sin embargo, decidimos no incluir *Brycon oligolepis*, *Pseudocurimata boehlkei* o *Saccodon terminalis* para esta zona, a pesar de que fueron listadas por Villamarín-Cortez, hasta que su presencia sea verificada en estudios adicionales. La especie *Pristis pristis* ha sido reportada históricamente en ríos de la Costa del Ecuador (Barriga, 2012), pero no existen registros reciente en agua dulce por lo que no se la incluyó. En el Apéndice 1 se incluye un listado de especies por zona ictiohidrográfica con las fuentes que justifican su inclusión.

Para la comparación entre las ictiofaunas de las vertientes occidentales y orientales, se usó la lista de especies de la vertiente occidental y la lista de especies del Oriente compilada por Barriga (2012). El número de especies por orden y por familia para la vertiente occidental y oriental están listadas en los Apéndices 2 y 3.

1.2. Relaciones entre las zonas ictiogeográficas

Para cuantificar la relación entre las zonas ictiohidrográficas, se calculó el índice de disimilitud de Jaccard a partir de los datos de presencia/ausencia de especies en las cuatro zonas incluidas usando el paquete Vegan (Oksanen et al., 2019) en el programa estadístico R (R Core Team, 2020). Este índice se calcula con la ecuación:

$$2b / (1+b)$$

Donde b es el índice de Bray-Courtis computado como:

$$(A + B - 2 J) / (A + B)$$

Donde A es el número de especies en la primera zona, B es el número de especies en la segunda zona y J es el número de especies compartidas entre las dos zonas (Gardener, 2014).

Una vez calculado el índice de disimilitud de Jaccard, este se usó para crear un árbol de *Neighbor-Joining* (Figura 9) en el paquete Ape (Paradis & Schliep, 2019), que muestra gráficamente la relación entre las cuatro zonas ictiohidrográficas.

1.3. Límites de las cuencas hidrográficas y uso del suelo

Los límites de las cuencas hidrográficas se obtuvieron de la cartografía a escala 1:50 000 de las Unidades hidrográficas nivel 5, del año 2014, elaborada por la ex SENAGUA, hoy Ministerio del Ambiente y Agua (SENAGUA, 2014). Para resaltar la pérdida y degradación de hábitats originales en la zona occidental del Ecuador, se elaboró un mapa de uso del suelo sobre la base de las cartas de uso del suelo a escala 1:25.000, generadas entre los años 2009-2015, por el programa SIGTIERRAS del Ministerio de Agricultura y Ganadería (IEE, MAGAP, & CGSIN 2009-2015).

1.4. Mapa de las zonas ictiohidrogeográficas

Con el fin de mejorar la precisión de los límites de las zonas de distribución de peces, sobre el mapa de zonas ictiohidrogeográficas publicado por Barriga (2012) se superpusieron los mapas: Nivel 5 de cuencas hidrográficas elaborado por SENAGUA (2014), el mapa de manglares y camaroneras de Ecuador (para delimitar la denominada Zona intermareal), el de las zonas áridas (sin cuerpos de agua permanentes) tomadas del mapa ombrotérmico elaborado por el Ministerio del Ambiente (para delimitar la zona sin cuerpos de agua permanentes) y la línea de 1.000 m de altitud como referencia.

2. La ictiofauna de la vertiente occidental del Ecuador

2.1. Diversidad de la ictiofauna

los peces que habitan en los ríos de la vertiente occidental del Ecuador generalmente pertenecen a las mismas familias y órdenes que se encuentran en las grandes cuencas hidrográficas neotropicales (Albert et al., 2011; Nelson et al., 2016; van der Sleen & Albert, 2018).

Existen por lo menos 113 especies de peces de agua dulce en la vertiente occidental, que están distribuidas en 12 órdenes y 30 familias, casi todas del superorden Ostariophysii, que incluye los órdenes Characiformes, Siluriformes, y Gymnotiformes, que predominan en la región. Tal como ocurre en otras cuencas continentales de Sud América y del mundo (Albert et al., 2011; Nelson et al., 2016).

Nelson et al. (2016) indican que el 68 % de los peces de agua dulce del mundo pertenece a este superorden. De las 113 especies de peces de agua dulce en la vertiente occidental del Ecuador, 85 (75.2 %) pertenecen a este grupo, por lo que están sobre-representadas con respecto al promedio mundial. Los Characiformes y Siluriformes están muy por encima de los demás órdenes en el número de especies con 39 y 41 especies respectivamente. Juntos, estos dos órdenes incluyen el 70.8 % de las especies de la región. Hay nueve familias en

el orden Characiformes, la familia Characidae es la más diversa con 19 especies, seguida por las familias Bryconidae y Curimatidae, ambas con cinco especies. Las otras familias tienen apenas de una a tres especies en la región. El orden Siluriformes incluye seis familias, donde predominan la familia Astroblepidae con 14 especies y la familia Loricariidae con 12 especies. Los siguientes nueve órdenes son mucho menos diversos; el único que posee más de 10 especies es el orden Gobiiformes con 11 especies, algunas de las cuales son más estuarinas que de agua dulce. Las especies derivadas de grupos oceánicos y estuarinos como miembros de las familias Gobiidae, Eleotridae, y Mugillidae, son relativamente comunes (Jiménez-Prado et al., 2015), debido a su cercanía al mar. Los restantes nueve órdenes poseen cinco o menos especies (Apéndice 1).

2.2. Diversidad taxonómica y ecológica por orden:

2.2.1. Characiformes: Además de su alta diversidad taxonómica, los Characiformes (Figura 1) son extremadamente diversos ecológicamente y cumplen roles importantes en los ecosistemas en los que habitan. Incluyen especies herbívoras, detritívoras, omnívoras generalistas, depredadores grandes y especializados, que ocupan posiciones cerca del tope de la cadena alimenticia en los ríos de la región.

La familia Characidae (Figura 1A) es la familia más diversa para la región con 19 especies en su mayoría relativamente pequeñas y omnívoras, que se alimentan generalmente de insectos, pequeños invertebrados, material vegetal y larvas de peces. Esta alta cantidad de especies coincide con la alta diversidad de la familia en la región Neotropical con más de 1 100 especies (Van der Sleen et al., 2018). Especies de esta familia suelen tener, por su abundancia, roles importantes en el ecosistema como parte de la red; frecuentemente son los pequeños peces plateados que se ven nadando en pequeños o grandes cardúmenes en los ríos de la región. Además, son una fuente de alimento importante para especies depredadoras de importancia comercial.

La familia Gasteropelecidae (Figura 1B) es una familia de peces pequeños muy especializados morfológicamente. Especies de esta familia tienen una quilla ventral fuertemente expandida que les permite maniobrar con mucha velocidad cerca de la superficie en busca de insectos que caen al río. Debido a la forma de su cuerpo, son conocidos como los peces hacha de agua dulce, *freshwater hatchetfish*, en inglés (Nelson et al., 2016). En la vertiente occidental del Ecuador, solo existe una especie, *Gasteropelecus maculatus*, restringida a aguas claras en las partes bajas de la cuenca de Santiago-Cayapas. Esto constituye el límite extremo sur para la especie que llega, por el norte, hasta Panamá (Maldonado-Ocampo et al., 2012).

Dos familias cuyos representantes en la vertiente occidental del Ecuador tienen características omnívoras/generalistas son las familias Lebiasinidae (Figura 1C) y Anostomatidae (Figura 1D) (Barnhill Les et al., 1974; Jiménez-Prado et al., 2015). La familia Lebiasinidae está representada en la vertiente occidental por tres especies del género *Lebiasina*, que frecuentemente se conocen con el nombre común de huaija, son omnívoras y oportunistas (Jiménez-Prado et al., 2015). Los lebiasínidos son bentónicos y viven en hábitats de aguas lentas como humedales, posas, y piscinas a las orillas de los ríos. La especie con la distribución más amplia es *L. bimaculata* que se distribuye en toda la región occidental del Ecuador hasta el norte de Perú (W. Aguirre, 2013; Froese & Pauly, 2020). Esta especie tiene la habilidad de tolerar aguas de calidad pobre (anóxicas) y sobrevivir en pequeñas pozas, cuando los ríos estacionales se secan. La familia Anostomidae es diversa y muy importante ecológicamente en otras regiones de Sudamérica donde existe 14 géneros con 160 especies (Sidlauskas & Birindelli, 2018). En la vertiente occidental del Ecuador existe una sola especie que está restringida a la cuenca del río Guayas (*Leporinus ecuadorensis*), conocida comúnmente como ratón. Esta especie es omnívora alimentándose de insectos, frutas, plantas, peces pequeños y material orgánico del fondo (Barnhill Les et al., 1974), común en representantes de esta familia (Sidlauskas & Birindelli, 2018). También es una especie importante para la pesca (Revelo & Laaz, 2012).

Las familias con mayores hábitos depredadores en el Orden Characiformes en la vertiente occidental son las familias Bryconidae (Figura 1E) y Erythrinidae (Figura 1F). Los bricónidos incluyen cinco especies en la vertiente occidental. Aunque en general son omnívoros, llegan a medir más de 30 cm de longitud, por lo que pueden ser importantes depredadores de invertebrados y peces, en ríos y embalses de la cuenca del río Guayas; por ejemplo *Brycon alburnus*, conocida comúnmente como dama, que además tiene importancia comercial. Los eritrínidos en cambio, incluyen dos especies dentro de un solo género (*Hoplias*), conocidas con el nombre común de “guanchiche”. *Hoplias* es un género de depredadores feroces con dientes grandes y una mordida que puede ser peligrosa para los seres humanos que intenten atraparlos; el guanchiche se esconde en el fondo o entre estructuras vegetales, donde atacan a sus presas con movimientos rápidos y violentos, pudiendo alimentarse de invertebrados o peces relativamente grandes. En un estudio de sus contenidos estomacales, especímenes de *Hoplias*, frecuentemente contenían un solo pez muy grande en su aparato digestivo (Granda Pardo & Montero Loayza, 2015). Las dos especies de la vertiente occidental se distribuyen en diferentes cuencas: *Hoplias microlepis* se encuentra en el suroccidente desde la cuenca del río Guayas hasta el norte de Perú, mientras que *H. malabaricus* se encuentra en las cuencas de Esmeraldas y Santiago-Cayapas en el noroccidente del Ecuador, en ríos de las cuencas amazónicas del Ecuador, y en muchos otros ríos de Sudamérica, siendo una de las especies neotropicales con mayor rango de distribución.

El Orden Characiformes también incluye una familia de peces herbívoros adaptados para raspar algas del fondo en ríos rocosos de corriente fuerte, la familia Parodontidae (Figura 1G). Estos peces tienen un cuerpo adaptado, en su forma, para tolerar corrientes fuertes, una boca ventral o subterminal, y dientes especializados para raspar, que pueden variar considerablemente entre individuos (Roberts, 1974). Existen 32 especies en tres géneros en Sudamérica, pero en la vertiente occidental, la familia Parodontidae incluye solo

dos especies, ambas en el género *Saccodon* (Van der Sleen & Albert, 2018d). *Saccodon wagneri* es la más ampliamente distribuida, encontrándose desde la cuenca del río Guayas hasta el norte de Perú (Jiménez-Prado et al., 2015); en cambio *Saccodon terminalis* está restringida a la cuenca del río Guayas. *S. terminalis*, en algunos casos, parece que es fácilmente confundida con juveniles de *S. wagneri*, por lo que resulta difícil su verificación en algunas colecciones (Pavanelli & Starnes, 2015). El género *Saccodon* solo se encuentra en la región transandina.

Las últimas dos familias del orden Characiformes que se encuentran en la vertiente occidental son las familias Curimatidae (Figura 1H) y Prochilodontidae (Figura 1I), son detritívoras, alimentándose de material orgánico en el fondo de los ríos y humedales (Barnhill Les et al., 1974; Jiménez-Prado et al., 2015; van der Sleen & Albert, 2018). La familia Curimatidae es muy diversa y ecológicamente importante en Sudamérica, incluye 105 especies en ocho géneros (Frable, 2018). En la vertiente occidental del Ecuador hay cinco especies, todas dentro del

género *Pseudocurimata*, presente en diferentes cuencas, de tal manera que, al menos una especie del género hay en cada una de las zonas ictiohidrográficas de la región, ocupando el rol de especialista detritívora. Especies de este género son importantes por su uso comercial (Jiménez-Prado et al., 2015; Vari, 1989) y llegan a ser especialmente abundantes en algunos embalses. La familia Prochilodontidae es menos diversa en Sudamérica, con 21 especies en tres géneros, pero también son importantes ecológicamente por su abundancia y hábitos migratorios (Melo & Sidlauskas, 2018). En la vertiente occidental ecuatoriana existe una sola especie (*Ichthyoelephas humeralis*), conocida con el nombre de bocachico, se encuentra principalmente en la cuenca del río Guayas. Esta especie tiene una boca altamente especializada para consumir detritus y exhibe migraciones importantes (Barnhill Les et al., 1974), también es una especie altamente apetecida por su carne y está bajo bastante presión pesquera en el Ecuador. Cabe indicar que los dos géneros, *Pseudocurimata* e *Ichthyoelephas*, están restringidos a la región transandina de Sudamérica.

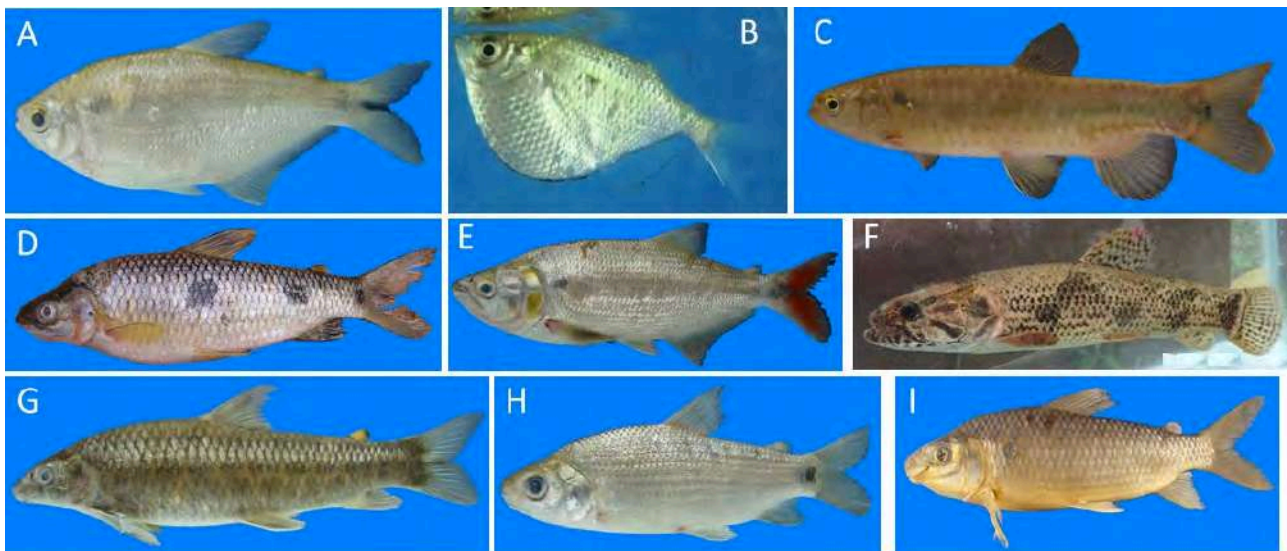


Figura 1. Representantes de las familias del orden Characiformes en la vertiente occidental del Ecuador. A. Characidae - *Eretmobrycon bucayensis*. B. Gasteropelecidae - *Gasteropelecus maculatus*. C. Lebiasinidae - *Lebiasina bimaculata*. D. Anostomidae - *Leporinus ecuadorensis*. E. Bryconidae - *Brycon alburnus*. F. Erythrinidae - *Hoplias microlepis*. G. Parodontidae - *Saccodon wagneri*. H. Curimatidae - *Pseudocurimata troschelli*. I. Prochilodontidae - *Ichthyoelephas humeralis*. Los especímenes no están a escala. Fotos tomadas de Aguirre et al. (2021).

2.2.2. Siluriformes: El otro orden dominante en la vertiente occidental es el orden Siluriformes (Figura 2). Los Siluriformes de la región son también importantes ecológicamente, ocupando diferentes roles en los ecosistemas que habitan, incluyen familias con especies omnívoras, herbívoras y carnívoras. Sin embargo, las dos familias más diversas en la región son Astroblepidae y Loricariidae, altamente especializadas ecológica y morfológicamente.

La familia Cetopsidae (Figura 2A) incluye a los bagres ciegos caracterizados por tener ojos muy reducidos en tamaño (Jiménez-Prado et al., 2015). Esta familia solo incluye 4 especies en los géneros, *Cetopsis* y *Paracetopsis* en la vertiente occidental en comparación con 8 especies en tres géneros hacia la vertiente oriental (Barriga, 2012), hay descritas en total 39 especies en 5 géneros para la familia (Van der Sleen & Albert, 2018a). Cabe indicar que el género *Paracetopsis* está restringido a la vertiente occidental para el Ecuador (Barriga, 2012). Especies de esta familia suelen alimentarse de insectos terrestres que caen al río (Van der Sleen & Albert, 2018a), aunque especímenes grandes son carnívoros y han sido reportados como piscívoros para el Ecuador (Barnhill Les et al., 1974).

La familia Trichomycteridae (Figura 2B) es otra familia altamente especializada en su morfología que es fácil de distinguir de otros Siluriformes porque incluye especies de cuerpo muy alargado. En la vertiente occidental hay solo cuatro especies en los géneros *Ituglanis* y *Trichomycterus*, comparado con aproximadamente 28 especies para la vertiente oriental (Barriga, 2012) y más de 240 especies descritas en 41 géneros para toda la familia (Fernández, 2018). Aunque este grupo presenta adaptaciones tróficas altamente especializadas en otras regiones (Fernández, 2018), las especies de la vertiente occidental presentan hábitos alimenticios generalistas, alimentándose principalmente de pequeños invertebrados. Habitan riachuelos de fondos rocosos, donde se esconden en el día, y aguas corrientes o de flujo moderado (Jiménez-Prado et al., 2015). Pueden ser muy abundantes en algunos sitios.

Con 14 especies en la vertiente occidental, la familia Astroblepidae (Figura 2C), es la que tiene el mayor número de especies registradas para esta

región. Este número es alto comparado con las 24 especies registradas para el Ecuador (Barriga, 2012; Jiménez-Prado et al., 2015). *Astroblepus* es el único género en la familia e incluye por lo menos a 58 especies válidas (Nelson et al., 2016; Van der Sleen & Albert, 2018c) que se distribuyen desde Panamá hasta Bolivia en ríos de la cordillera de los Andes (Schaefer & Arroyave, 2010). De las 14 especies registradas para la vertiente occidental, 9 son endémicas para el Ecuador. El alto nivel de endemismo que presenta esta familia se debe a que los astroblépidos generalmente están adaptados a zonas con alturas mayores a los 1 000 m, donde quedan aislados de poblaciones que habitan ríos en otras montañas, lo cual ha facilitado la formación de nuevas especies (Schaefer & Arroyave, 2010; Van der Sleen & Albert, 2018c). Aunque pueden encontrarse en sitios por debajo de los 300 m de altura en esta misma región (Jiménez-Prado et al., 2015). En muchas de las cuencas de la vertiente occidental, es el género de peces nativo que se encuentra a mayor elevación, encontrándose hasta por encima de los 3000 m de altura (Jiménez-Prado et al., 2015), y en ocasiones es el único pez en quebradas de altura. Especies de *Astroblepus* se conocen comúnmente como preñadillas en el Ecuador, la mayoría de estos peces son relativamente pequeños, midiendo 10 cm o menos de longitud, aunque algunas pueden llegar a tallas mayores. Las preñadillas carecen de escamas o armadura externa y tienen la boca en forma de disco con labios carnosos y una aleta pélvica modificada, a manera de ventosa, que les sirve para agarrarse a las rocas en ríos de corriente fuerte y para trepar por cascadas para colonizar nuevos hábitats (Schaefer & Arroyave, 2010; Van der Sleen & Albert, 2018c). Ecológicamente, los astroblépidos se alimentan mayoritariamente de pequeños insectos y otros invertebrados (Van der Sleen & Albert, 2018c).

La familia Loricariidae (Figura 2D) es la segunda familia más diversa para el orden en la región con 12 especies en siete géneros, mientras que existen aproximadamente 95 especies en la vertiente oriental del Ecuador (Barriga, 2012) y 924 especies en 99 géneros para toda la familia (Armbruster et al., 2018). Los loricáridos difieren morfológicamente de otros Siluriformes porque están adaptados para vivir sobre el fondo en ríos con fuerte corriente y tienen cuerpos dorso-ventralmente aplanados y bocas modificadas, que usan para raspar material vegetal y orgánico de

piedras y madera sumergida; también tienen el cuerpo cubierto por una fuerte armadura, formada por numerosas placas (Armbruster et al., 2018). Aunque su hábitat es similar, entre especies pueden diferir en los detalles de su ecología, de tal manera que varias especies pueden coexistir en la misma comunidad.

La familia Pseudopimelodidae (Figura 2E) incluye tres especies en dos géneros, *Microglanis* y *Batrachoglanis*, mientras que hay 5 especies en la vertiente oriental (Barriga, 2012), y 39 especies en 6 géneros en total para la familia (Shibatta & Van der Sleen, 2018). Las especies de este grupo han sido muy poco estudiadas en la región occidental, al punto en que se siguen describiendo nuevas especies (e.g. *Microglanis berbixae*. Tobes et al., 2020). La otra especie de este género, *Microglanis variegatus*, es una especie de talla muy pequeña, casi miniatura, que no pasa de los 6 cm de longitud (Jiménez-Prado et al., 2015). Ha sido reportada como una especie de hábitos nocturnos (Jiménez-Prado et al., 2015); otras especies del género, en la cuenca del río Amazonas, se alimentan de larvas de insectos y algas (Shibatta & Van der Sleen, 2018).

La familia Heptapteridae (Figura 2F) cuenta con cuatro especies en la vertiente occidental, tres en el género *Pimelodella* y una en el género *Rhamdia*, mientras que en existen aproximadamente 22 especies en la vertiente oriental (Barriga, 2012) y 210 especies en 24 géneros para toda la familia (Bockmann & Slobodian, 2018). Especies de esta familia presentan la forma y ecología típica de bagres de río y son comúnmente llamadas barbudos o bagres, entre otros nombres. Las especies de *Pimelodella* son pequeñas a medianas con una morfología muy similar al resto de los Siluriformes, pueden ser abundantes en algunos ríos, son omnívoras y oportunistas, habitando en la columna de agua o sobre el fondo. *Rhamdia* es un pez más robusto que alcanza tallas más grandes, llega hasta los 40 cm de longitud total, por lo que es también una especie de importancia comercial (Barnhill Les et al., 1974; Jiménez-Prado et al., 2015). Los organismos de talla grande pueden ser importantes depredadores de peces (Barnhill Les et al., 1974), aunque también ha sido reportada como una especie omnívora que se alimenta de invertebrados y otro material orgánico (Jiménez-Prado et al., 2015).

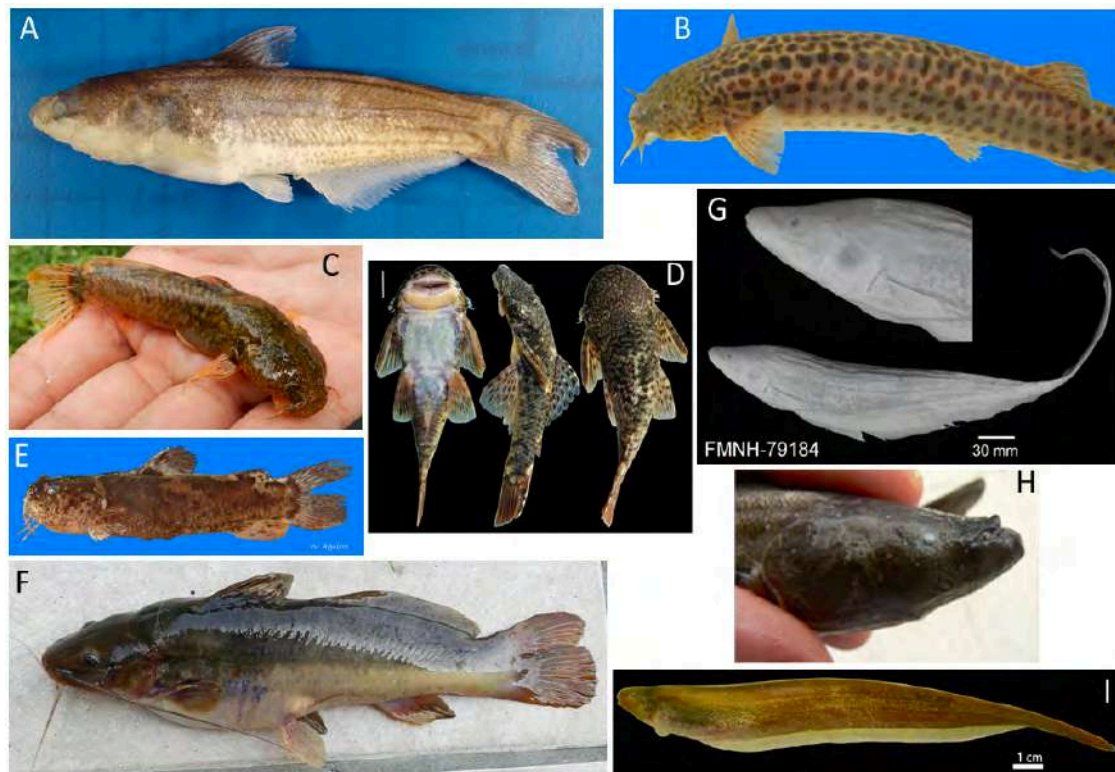


Figura 2. Representantes de las familias de los órdenes Siluriformes y Gymnotiformes en la vertiente occidental del Ecuador. A. Cetopsidae - *Paracetopsis bleekeri*. B. Trichomycteridae - *Ituglanis laticeps*. C. Astroblepidae - *Astroblepus* sp. D. Loricariidae - *Transancistrus santarosensis*. E. Pseudopimelodidae - *Microglanis variegatus*. F. Heptapteridae - *Rhamdia cinerascens*. G. Sternopygidae - *Sternopygus arenatus*. H. Gymnotidae - *Gymnotus esmeraldas*. I. Hypopomidae - *Brachyhypopomus palenque*. Fotos tomadas de Aguirre et al. (2021).

2.2.3. Gymnotiformes: Son peces nocturnos de cuerpo alargado (Figura 2), conocidos por emitir descargas eléctricas (Nelson et al., 2016). Así como los órdenes Characiformes y Siluriformes, también pertenecen al superorden Ostariophysi, pero son exclusivamente neotropicales y poco diversos. Este grupo incluye cinco especies para la vertiente occidental del Ecuador, que pertenecen a cuatro familias, Sternopygidae (Figura 2G), Apterontidae, Gymnotidae (Figura 2H), Hypopomidae (Figura 2I); lo cual indica una alta divergencia filogenética entre las pocas especies presentes en el área. Por otro lado, se han registrado aproximadamente 41 especies en cinco familias en la vertiente oriental (Barriga, 2012) y aproximadamente 208 especies en total, dentro de cinco familias (Nelson et al., 2016). Son más comunes en aguas relativamente lentas de fondos arenosos o entre vegetación, donde se alimentan de invertebrados y peces pequeños (Jiménez-Prado et al., 2015). Los individuos de talla grande, del género *Sternopygus*, son capturados para el consumo humano (Revelo & Laaz, 2012).

2.2.4. Cyprinodontiformes: Este orden está representado en la vertiente occidental solo por la familia Poeciliidae (Figura 3A), e incluye dos especies nativas de agua dulce del género *Pseudopoecilia* (Jiménez-Prado et al., 2015), aunque es probable que existan más especies nativas aún no descritas. También incluye varias especies introducidas como el guppy (*Poecilia reticulata*). Los poeciliidos solo se encuentran en la vertiente occidental del Ecuador, mientras que en la vertiente oriental, del mismo orden, registran siete especies de la familia Rivulidae (Barriga, 2012). Los poeciliidos son peces vivíparos de talla muy pequeña que se alimentan de pequeños invertebrados, zooplancton y larvas de insectos (Jiménez-Prado et al., 2015). Debido a su reproducción vivípara, pueden aumentar su tamaño poblacional rápidamente y ser muy abundantes en algunos sitios. Las especies nativas de *Pseudopoecilia* están entre las más pequeñas de la región y son abundantes en aguas relativamente quietas.

2.2.5. Beloniformes: Este orden incluye especies que son comunes en el mar y en estuarios (Nelson et al., 2016). Está representado solo por una especie de la familia Belonidae (Figura 3 B) en aguas dulces de la vertiente occidental (Jiménez-Prado et al., 2015). Los belónidos son muy distintivos morfológicamente por presentar mandíbulas alargadas con muchos dientes pequeños. *Strongylura fluviatilis* es una especie piscívora que puede alcanzar tallas de hasta 50 cm de longitud (Jiménez-Prado et al., 2015).

2.2.6. Synbranchiformes. Los Synbranchiformes están representados solo por una especie de la familia Synbranchidae. *Synbranchus marmoratus* (Figura 3C) tiene una distribución muy amplia en Centro y Sudamérica, siendo una de las pocas especies registrada tanto en la vertiente occidental como la oriental del Ecuador (Jiménez-Prado et al., 2015). Es posible que esta especie corresponda a varias especies morfológicamente similares (Van der Sleen & Albert, 2018b). Morfológicamente es muy distintiva por presentar un cuerpo muy alargado en forma de anguila y carecer de escamas, aletas y opérculo (Jiménez-Prado et al., 2015). Se trata de una especie carnívora que se alimenta de macroinvertebrados y peces pequeños (Jiménez-Prado et al., 2015). Se entierra en el lodo, posee la capacidad de tomar oxígeno del aire por lo que puede vivir en pantanos y pozas con aguas poco oxigenadas (Van der Sleen & Albert, 2018b).

2.2.7. Sygnathiformes: Este es otro orden que es principalmente marino y es muy distintivo morfológicamente, incluye a los caballitos de mar (Nelson et al., 2016). En la vertiente occidental, el orden está representado por una sola especie en la familia Sygnathidae (Figura 3D), que habita aguas dulces en ríos de la costa donde la vegetación es abundante (Jiménez-Prado et al., 2015). *Pseudophallus starskii* tiene un cuerpo alargado cubierto de placas óseas y se alimenta de pequeños invertebrados y zooplancton.

2.2.8. Perciformes. Los Perciformes es uno de los órdenes más diversos de peces en el mundo, especialmente en sistemas marinos. En agua dulce, su diversidad es mucho menor. Nelson et

al. (2016) reportan 2 248 especies y 62 familias en este Orden. En aguas continentales de la vertiente occidental del Ecuador, los Perciformes están representado por una corvina, de la familia SCIAENIDAE (*Cynoscion albus*) (Figura 3E) y una especie de la familia Haemulidae (*Pomadasys bayanus*) (Figura 3F).

Aunque existe poca información sobre estas especies en el Ecuador, ambas son originalmente estuarinos/marinos, por lo que es común encontrarlas en ríos grandes o cerca de áreas donde hay influencia estuarina. *Pomadasys bayanus* crece hasta 36 cm de longitud total, está bien adaptado a ríos de agua dulce, se encuentra desde Baja California hasta Perú (McKay y Schneider, 1995). Se alimenta de peces, crustáceos y camarones de río (Bussing, 2002). *Cynoscion albus* es una especie depredadora que puede llegar a medir hasta 70 cm de longitud. Probablemente se alimenta de invertebrados y peces, como otras especies de este género, aunque no conocemos de estudios específicos para esta especie en la región. Cabe indicar que hay varias otras especies de corvinas en los géneros *Cynoscion* e *Isopisthus* en el Ecuador, pero las demás son estuarinas u oceánicas, rara vez ingresan a ríos de agua dulce. Debido al valor comercial que tienen las corvinas, es posible que esté bajo fuerte presión pesquera. Otros representantes del orden Perciformes, como los róbalo (Centropomidae) que entran ocasionalmente a ríos de agua dulce.

2.2.9. Cichliformes. Están representados en la vertiente occidental por cinco especies, en dos géneros y una sola familia, Cichlidae (Figura 3H). Esta diversidad es relativamente baja, dado que los cíclidos son una de las familias más diversas del mundo con más de 1 650 especies distribuidas en las Américas, África, India y el Medio Oriente; caracterizada por grandes y diversas comunidades en lagos de África y Centro América (Kullander et al., 2018). En Sudamérica existen alrededor de 415 especies (Kullander et al., 2018) y en la vertiente oriental del Ecuador existen alrededor de 34 especies nativas (Barriga, 2012). Las tilapias son cíclidos africanos que también han sido introducidos en ríos de las vertientes occidental y oriental del Ecuador (Jácome et al., 2019). Las especies nativas de la vertiente occidental son

conocidas como viejas y sus hábitos varían entre omnívoras a depredadoras que se alimentan de invertebrados o peces pequeños. Las especies de *Mesoheros* (previamente *Cichlasoma*) crecen considerablemente y son más piscívoras que las especies de *Andinoacara* (previamente *Aequidens*). Las especies de ambos géneros son de importancia comercial y se encuentran en sitios de baja a mediana elevación, prefiriendo aguas de poca corriente.

2.2.10. Mugiliformes. Los Mugiliformes (Figura 3I) incluyen la familia Mugilidae que es común y ecológicamente importante en estuarios (Nelson et al., 2016), en el Ecuador se los conoce como lisas. Una especie de esta familia, es común en sistemas de agua dulce de la vertiente occidental, *Agonostomos monticola*, conocida como la lisa de montaña. Esta especie tiene una distribución amplia en Centro y Sudamérica, y es migratoria, bajando al mar a desovar. Los juveniles migran río arriba llegando hasta los 650 m de altitud (Jiménez-Prado et al., 2015). Ecológicamente, es una especie omnívora que se puede alimentar de detritus, algas, invertebrados y peces pequeños.

2.2.11. Gobiiformes. Es un orden principalmente marino y estuarino, que incluye 11 especies registradas comúnmente en agua dulce, en la vertiente occidental del Ecuador. Estas especies pertenecen a dos familias, las familias Gobiidae (Figura 3J) y Eleotridae (Figura 3K) (Jiménez-Prado et al., 2015). La familia Gobiidae, es una de las más diversas del mundo e incluye aproximadamente 1 359 especies, la gran mayoría de las cuales son marinas (Nelson et al., 2016). En la vertiente occidental del Ecuador la mayoría de especies de góbidos son estuarinas, siendo los géneros *Sicydium* y *Awaous* los que habitan principalmente en agua dulce. *Awaous* tiene una distribución amplia en Centro y Sudamérica y encuentra, principalmente en sitios de baja elevación cerca de la costa, es omnívora, se alimenta de material vegetal, detritus y pequeños invertebrados (Jiménez-Prado et al., 2015). *Sicydium* incluye dos especies en la vertiente occidental con distribución geográfica mucho más restringida que *Awaous*. Las especies de

Sicydium son altamente migratorias, viviendo en agua dulce la mayoría de su vida pero bajan al mar a reproducirse; luego, los juveniles suben río arriba, ocasionalmente llegando a elevaciones moderadas, comúnmente a más altitud que *Awaous*. En ríos de la vertiente occidental, adultos de *Sicydium* se encuentran en hábitats de aguas corrientosas y fondos rocosos (Jiménez-Prado et al., 2015). La familia Eleotridae también es estuarina y de agua dulce, incluye especies que se encuentran principalmente en las partes bajas de los ríos cerca de áreas donde hay influencia marina. Se alimentan de invertebrados, peces pequeños y material orgánico, e incluyen especies de importancia comercial como el chame, *Dormitator latifrons* (Jiménez-Prado et al., 2015).

2.2.12. Pleuronectiformes: Este orden es principalmente marino y estuarino e incluye a los lenguados, especies altamente divergentes morfológicamente de otros grupos (Figura 3G). Viven sobre el fondo, con el que se camuflan, exhiben asimetría bilateral extrema, acostándose sobre uno de los costados de sus cuerpos. El orden es muy diverso a nivel mundial e incluye a 772 especies en 14 familias. En la vertiente occidental del Ecuador hay cuatro especies en dos géneros, *Achirus* y *Trinectes* (Achiridae), que ocasionalmente son colectadas en ríos de agua dulce. Los lenguados de la familia Achiridae se alimentan principalmente de crustáceos y lombrices.

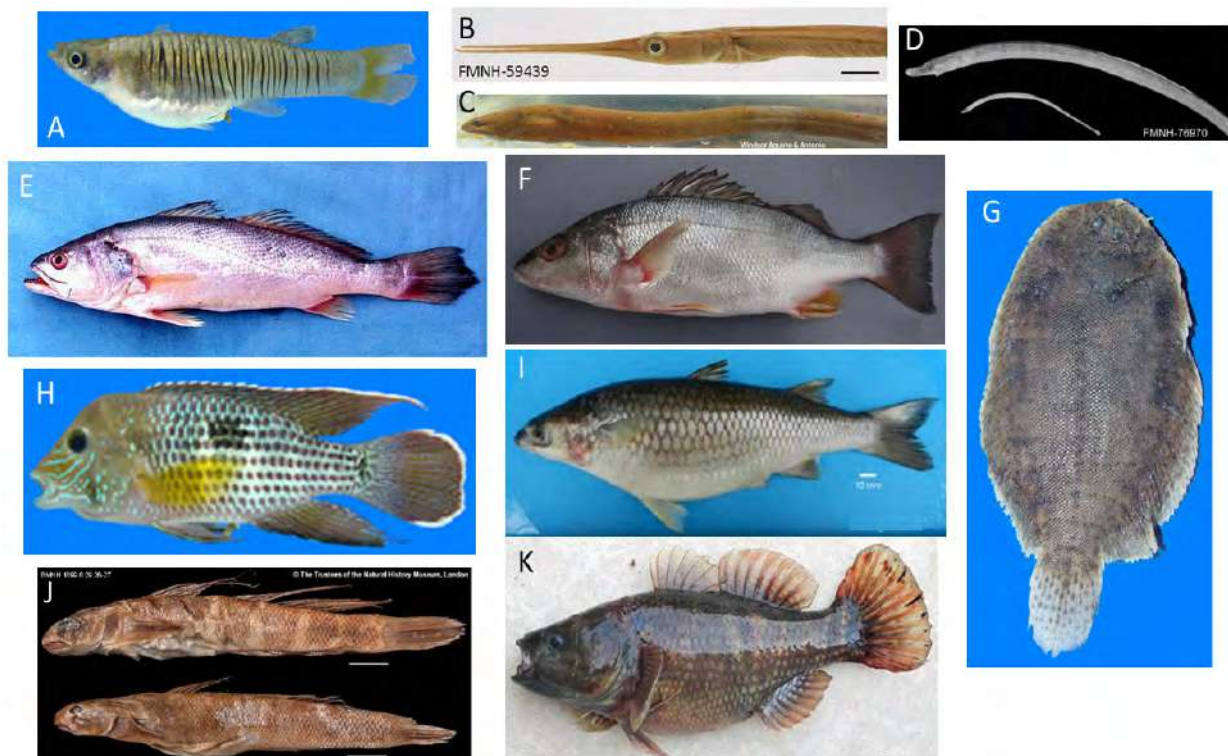


Figura 3. Representantes de familias de otros órdenes menores en la vertiente occidental del Ecuador. A. Cyprinodontiformes – Poeciliidae – *Pseudopoecilia* sp. B. Beloniformes – Belonidae – *Strongylura fluviatilis*. C. Synbranchiformes – Synbranchidae – *Synbranchus marmoratus*. D. Syngnathiformes – Syngnathidae – *Pseudophallus starskii*. E. Perciformes – Sciaenidae – *Cynoscion albus*. F. Perciformes – Haemulidae – *Pomadasys bayanus*. G. Pleuronectiformes – Soleidae – *Achirus* sp. H. Cichliformes – Cichlidae – *Andinoacara rivulatus*. I. Mugiliformes – Mugilidae – *Agonostomus monticola*. J. Gobiiformes – Gobiidae – *Sicydium rosenbergii*. K. Gobiiformes – Eleotridae - *Dormitator latifrons*. Fotos tomadas de Aguirre et al. (2021).

2.3. Comparación de la ictiofauna de la vertiente occidental con la vertiente oriental del Ecuador

Aunque las regiones occidental y oriental del Ecuador son de tamaño similar, la diversidad de los peces de agua dulce no es comparable. Mientras que en la vertiente occidental habitan 113 especies, la vertiente oriental está habitada por 725 especies, es decir, aproximadamente 6,4 veces el número de especies. Sin embargo, los órdenes más diversos son los mismos en las dos regiones: los Characiformes y Siluriformes que combinados incluyen el 70 % de especies en el

occidente y 84,7 % de las especies en el oriente (Figura 4). En el occidente, el orden Gobiiformes ocupa el tercer lugar con el 9,7 % de las especies mientras que los Gymnotiformes y Cichliformes están empatados en el cuarto puesto con 4,4 % cada uno. En el oriente, el tercer lugar es ocupado por los Gymnotiformes, con el 5,7 % y el cuarto lugar está ocupado por los Cichliformes con el 4,7 % de las especies. No hay especies de Gobiiformes registradas para la región oriental. Esto significa que, a pesar de su aislamiento, cuatro de los cinco órdenes más diversos son los mismos en las vertientes occidental y oriental del Ecuador.

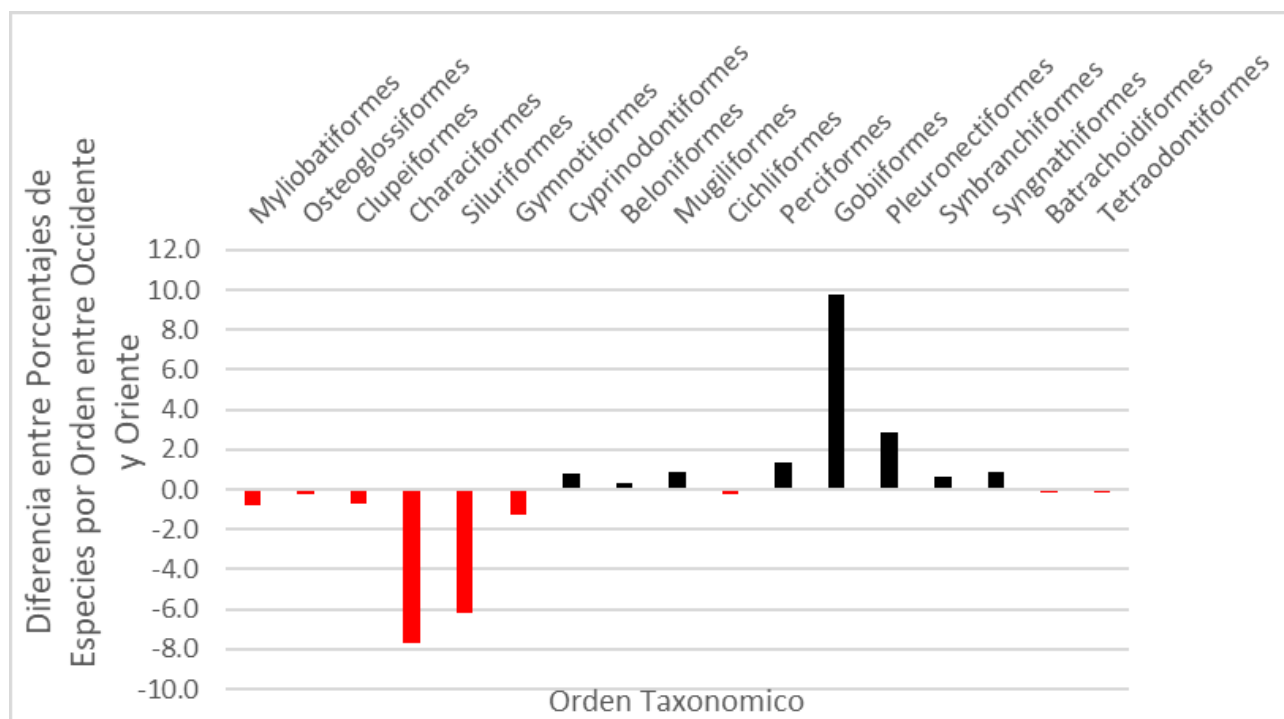


Figura 4. Diferencia en el porcentaje de especies por orden entre las comunidades de peces de agua dulce de las vertientes occidentales y orientales del Ecuador. Valores negativos (barras de color rojo) indican que la riqueza de especies en el orden como porcentaje de las especies en la región es menor en la vertiente occidental que en la oriental, mientras que valores positivos (color negro) indican que el porcentaje de especies en el orden es mayor en la vertiente occidental que en la oriental.

Aunque los demás ordenes incluyen porcentajes muy bajos de especies, hay diferencias notables entre la vertiente occidental y oriental. Las rayas de agua dulce (Orden Myliobatiformes, familia Potamotrygonidae) y el orden Osteoglossiformes (la arapaima y géneros relacionados) no tienen ningún representante en la región occidental. Otros órdenes como los Clupeiformes (sardinias), Batrachoidiformes y Tetraodontiformes (tambuleros) que incluyen especies netamente

de agua dulce en el Oriente, están representadas por especies que habitan estuarios, pero no entran comúnmente a ríos de agua dulce en el occidente. Al contrario, a pesar de ser órdenes predominantemente marinos o estuarinos, los Gobiiformes, Mugiliformes y Syngnathiformes incluyen especies que habitan ríos de agua dulce en el occidente, pero no tienen ningún representante de agua dulce en la vertiente oriental.

Comparando el porcentaje de especies por orden y por región (calculado estandarizado al tomar el número de especies del orden en la región dividido para el número total de especies en la región y multiplicado por 100), en la vertiente occidental del Ecuador están sobre representados órdenes que son predominantemente marinos o estuarinos como los órdenes Gobiiformes, Pleuronectiformes, Mulgiliformes, Beloniformes, Sygnathiformes

y Cyprinodontiformes, mientras que están sub-representados órdenes ancestralmente de agua dulce como los Characiformes, Siluriformes y Gymnotiformes (Figura 5). Esto tiene sentido dada la cercanía de estuarios a ríos de agua dulce y la menor diversidad de peces de agua dulce en la región occidental. Es probable que, a través del tiempo, especies de grupos estuarinos se hayan adaptado para colonizar hábitats de agua dulce en la vertiente occidental.

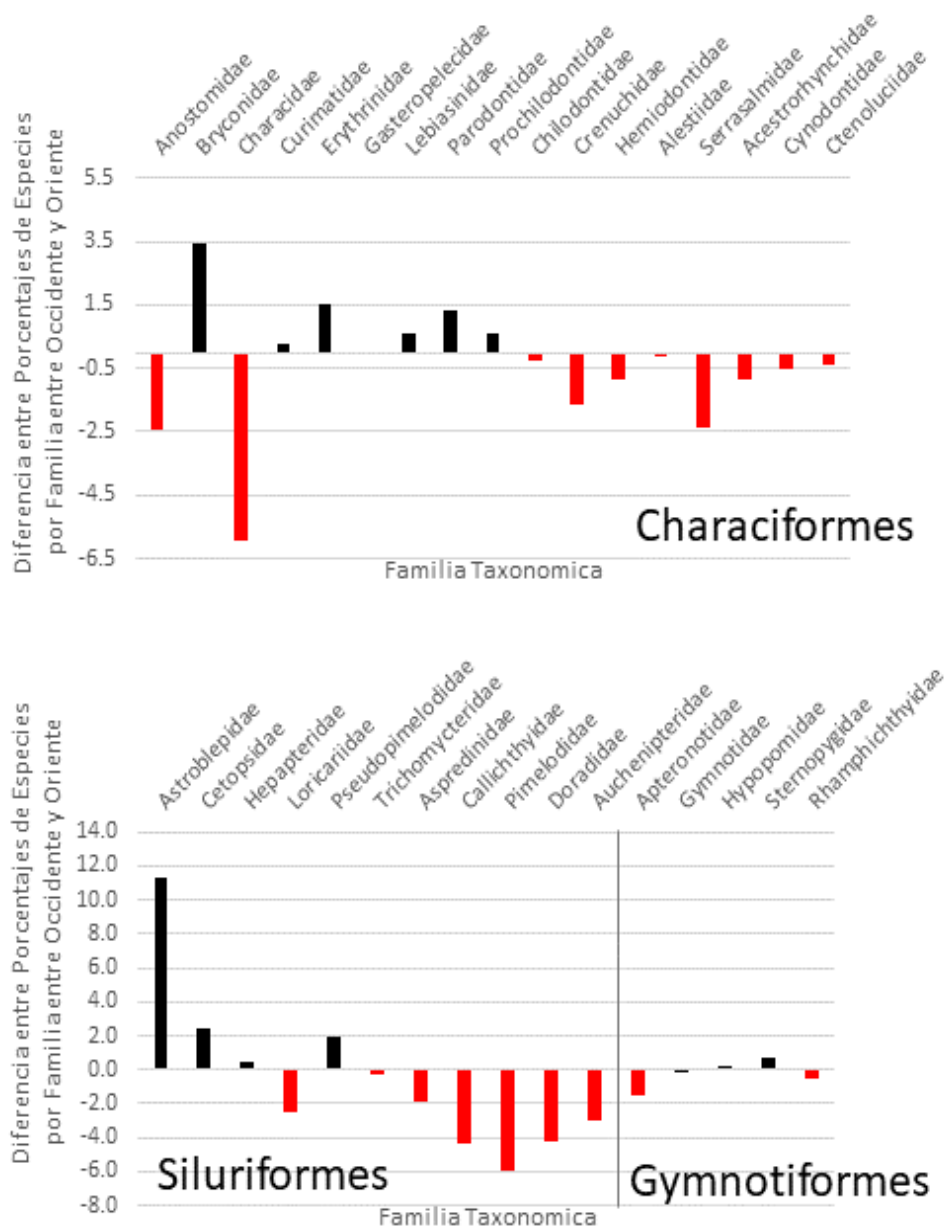


Figura 5. Diferencia en el porcentaje de especies por familia en los órdenes Characiformes (arriba), Siluriformes (abajo izquierda) y Gymnotiformes (abajo derecha) de las vertientes occidentales y orientales del Ecuador. Valores negativos (barras de color rojo) indican que el porcentaje de especies en la familia es menor en la vertiente occidental que en la oriental, mientras que valores positivos (color negro) indican que el porcentaje de especies en la familia es mayor en la vertiente occidental que en la oriental. Los porcentajes están estandarizados por el número total de especies en cada región.

Dentro de los órdenes más diversos en ambas regiones, los Characiformes y Siluriformes, también hay diferencias sustanciales en diversidad a nivel de familia (Figura 5). Todas las familias de Characiformes presentes en la vertiente occidental también están presentes en la vertiente oriental, mientras que ocho familias presentes en el oriente no están presentes en el occidente: Chilodontidae, Crenuchidae, Hemiodontidae, Alestiidae, Serrasalminidae, Acestrorhynchidae, Cynodontidae y Ctenoluciidae. Esto representa casi la mitad de las familias del orden Characiformes e indica que hay una diferencia notable en la diversidad taxonómica entre las vertientes occidental y oriental. En cuanto al porcentaje de especies por familia, las del orden Characiformes más sub-representadas son las familias Characidae, Anostomidae, Serrasalminidae y Crenuchidae; las últimas dos no tienen ningún representante en el occidente pero son relativamente ricas en especies en el oriente. Cabe indicar que la familia Characidae es la más diversa en la vertiente occidental, sin embargo, el número de especies como porcentaje del número total de especies en la región es menor que el número correspondiente en el oriente. Las familias sobre representadas en la vertiente occidental incluyen las familias Bryconidae, Erythrinidae, Parodontidae, Lebiasinidae y Prochilodontidae, que, a pesar de no incluir muchas especies, habitan en porcentajes mayores a los valores correspondientes en el Oriente. Una situación similar ocurre en el orden Siluriformes, todas las familias en el occidente están representadas en el oriente, pero 5 de las 11 familias de Siluriformes presentes en el oriente, no están en el occidente: Aspredinidae, Callichthyidae, Pimelodidae, Doradidae y Auchenipteridae. Varias de estas familias están sub-representadas en la vertiente occidental dada su diversidad en la vertiente oriental, en especial las familias Pimelodidae, Doradidae y Callichthyidae. En cambio la familia Astroblepidae, que abunda en las partes altas de los Andes, está más bien sobre representada en la vertiente occidental, comparado con la oriental. Las familias Cetopsidae y Pseudopimelodidae también están levemente sobre representadas en la vertiente occidental, aunque el número de especies es relativamente bajo. En cambio, el orden Gymnotiformes tiene porcentajes bastante

similares en especies por familia entre las vertientes occidental y oriental.

3. La vertiente occidental, sus cuencas hidrográficas y las zonas ictiohidrográficas

3.1 Uso del suelo

El uso del suelo influye sobre las condiciones hidrológicas y de calidad del agua de los cuerpos hídricos de una cuenca. El reemplazo de las formaciones vegetales originales, por usos agropecuarios, modifica la distribución temporal de la cantidad y de la calidad del agua de los ríos. El cultivo de pastos y de ciclo corto reduce la cobertura vegetal y el tiempo de retención del agua es menor, lo que provoca que durante la época lluviosa los caudales sean mayores que antes (con la vegetación natural) y durante la época seca los caudales sean menores (Sabater et al 200). La calidad del agua se deteriora por el incremento de sólidos en suspensión, producto del incremento de la erosión, un incremento en nutrientes debido a presencia de ganado bovino y el uso de fertilizantes. También, la presencia de pesticidas y metales pesados producto del uso de agroquímicos, modifican la calidad del hábitat de los peces y otros organismos acuáticos (Kinsford, 2011).

El occidente del Ecuador conserva un 47,7 % de formaciones vegetales nativas (páramos, bosques, arbustales y vegetación herbácea), en diferentes estados de conservación. El 46,56 % es ocupado para uso pecuario (23,26 %) y agrícola (23,30 %) que incluye las plantaciones forestales y zonas bajo riego. Las áreas pobladas, estructuras de uso antrópico y social, cubren el 3,28 %. El 2,46 % restante es ocupado por cuerpos de agua, eriales y otros usos. En la Fig. 6 se aprecia las áreas con vegetación nativa (color verde) localizadas principalmente en las zonas Santiago-Cayapas, Esmeraldas, al noroeste de la ciudad de Quito, la zona semiárida de Santa Elena al oeste de Guayaquil y en la Zona de Catamayo. Las áreas con uso agropecuario y agrícola (color amarillo) que ocupan la mayor parte de las tierras bajas de la Zona del Guayas y los pastizales para uso pecuario (color anaranjado) en las estribaciones de la cordillera costera y de los Andes (Figura 6).

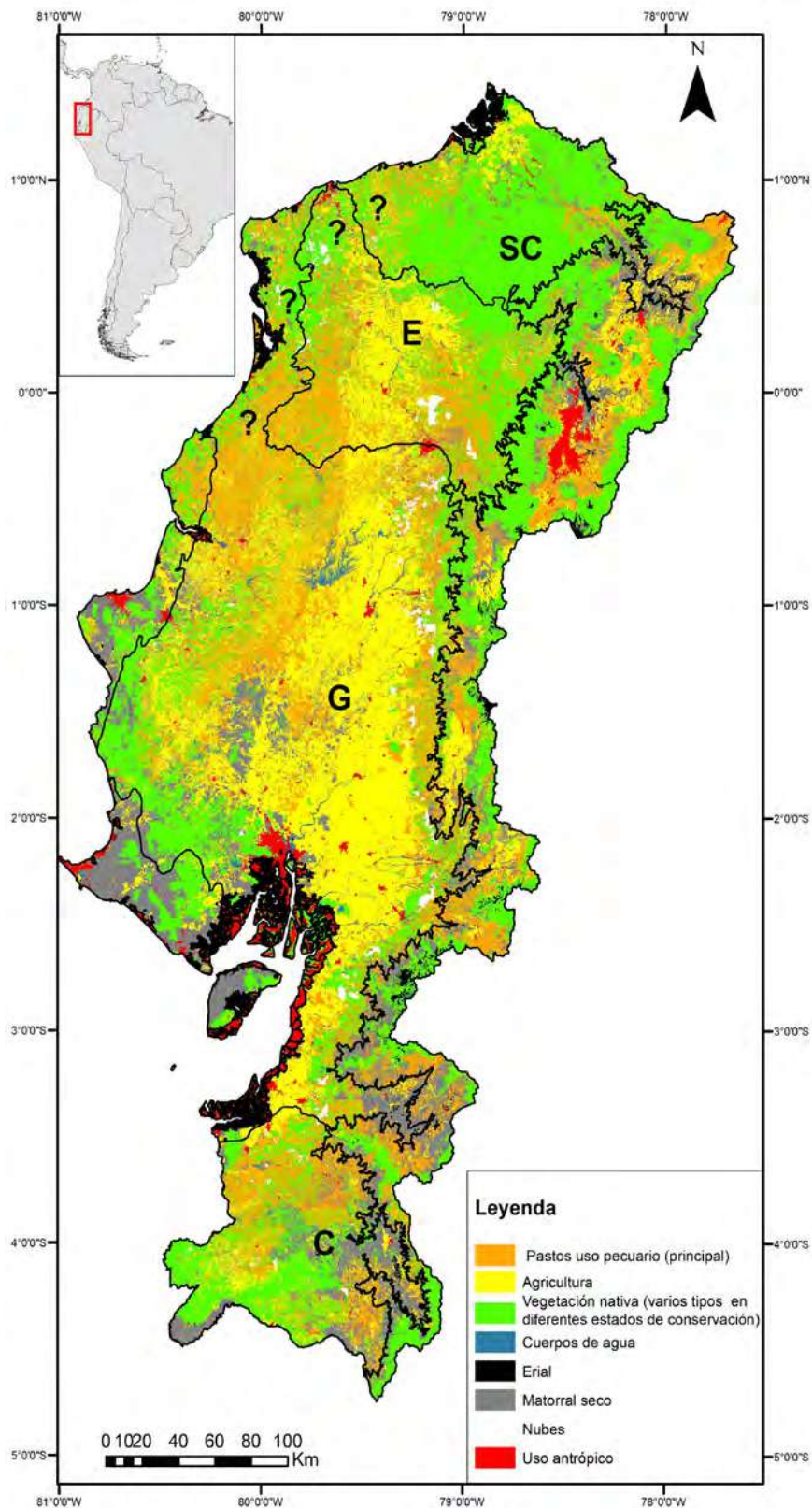


Figura 6. Cobertura del uso de suelo en la vertiente occidental de los Andes y las zonas ictiohidrogeográficas.

Los signos de interrogación indican las áreas de las que no se contó con suficiente información para asignar a que zona ictiohidrográfica corresponde.

Nota Fuente: IEE, MAGAP, & CGSIN 2009-2015. Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25 000, recuperado de <http://geoportal.agricultura.gob.ec/> el 26 de marzo de 2019.

3.2. Cuencas hidrográficas y zonas ictiohidrográficas

Mediante el uso de los índices de Similitud y Disimilitud de Henderson y Seaby, Barriga (2012), agrupó las cuencas de la vertiente occidental de los Andes de Ecuador, en cinco zonas ictiohidrográficas, con un límite altitudinal de 2.800 m, sobre los cuales generalmente no habría peces nativos. A lo largo del perfil costero, hasta donde haya influencia de la marea, estaría la Zona Intermareal (1) con especies que ingresan en los ríos de agua dulce pero que generalmente se reproducen en el estuario. El límite de altitud de la influencia intermareal varía significativamente con la pendiente del río, por lo que hay ríos en que peces, netamente de agua dulce, ocurren a muy baja altura y bastante cerca al mar. Esta zona no se incluirá en el presente estudio y extendemos otras zonas ictiohidrográficas, como la zona de Catamayo a áreas de altitud baja que son normalmente habitadas por peces de agua dulce. De norte a sur, las restantes zonas ictiohidrográficas son: (2) Santiago-Cayapas que comprende los ríos ubicados al norte de la cuenca del río Esmeraldas; (3) Esmeraldas que comprende la cuenca del río homónimo; (4) Guayas, que agrupa la cuenca del río homónimo, las vertientes occidentales de la cordillera costera desde el límite occidental de la cuenca del río Esmeraldas hasta el estuario del río Guayas, y, hacia el sur de Guayaquil, las vertientes occidentales de la cordillera de los Andes, cuyos ríos desembocan en el Golfo de Guayaquil y finalmente, (5) Catamayo en el sur del país, que va desde el río Jubones hasta Perú (Figura 7).

De los 124 620 km² del occidente del Ecuador, las tierras altas, sobre los 2 000 m de altura, con muy pocas especies de peces nativos, representan el 19,9 % del área. Las zonas subdesérticas, desérticas, manglares y camaroneras cubren el 8 % del área, en estos lugares, hay unas pocas especies de agua dulce, hacia los límites de su distribución. De todas estas cuencas, la más extensa es la del Guayas, con el 43,7 % del área; mientras que las cuencas de Esmeraldas, Santiago Cayapas y Catamayo ocupan el 11,1 %, 8,6 % y 8,7 %, respectivamente.

Es importante resaltar que entre la cuenca de Santiago-Cayapas y la cuenca del río Esmeraldas, existen una serie de pequeñas cuencas que han sido poco estudiadas y cuya afinidad no está clara. Lo mismo ocurre al sur de la cuenca del río Esmeraldas y al norte de la cuenca del río Guayas, donde cuencas pequeñas fluyen independientemente al mar, conocidos como ríos bajos de la costa. Incluimos signos de interrogación en estas áreas del mapa para indicar la incertidumbre sobre su afinidad (Figura 7).

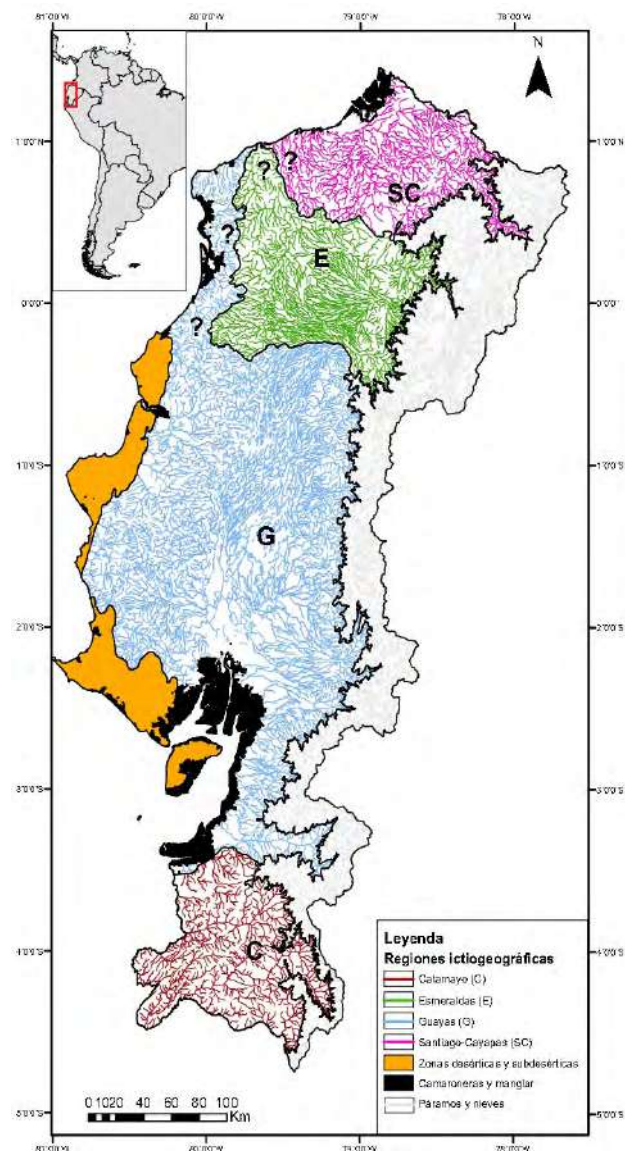


Figura 7. Mapa de las zonas ictiohidrográficas de la vertiente occidental del Ecuador.

Nota Fuente: Adaptado de Barriga, R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. Revista Politécnica 30(3), 83.119.

3.2.1. Zona Santiago-Cayapas (ZSC)

Esta zona incluye cuatro cuencas hidrográficas con un área total de 15 898 km², correspondería a la que Eigenmann (1921) asignaba a la fauna ictiológica de Panamá y Colombia. Esta zona ictiohidrográfica incluye las cuencas de los ríos Santiago-Cayapas (8 787 km²), Mira (6 507 km² en Ecuador), Carchi (367,3 km² en Ecuador) y Mataje (237 km² en Ecuador) (UICN et al 2009). Es una de las zonas con mayores niveles de precipitación y bosque muy húmedo, siendo una continuación del Chocó. Mucho del bosque primario que queda en la vertiente occidental se encuentra en esta zona ictiohidrográfica, especialmente altitudes medias. En las partes bajas existe pérdida de hábitats por el desarrollo de la agricultura y en las partes altas por la presencia de pastos (Figura 6).

En la parte oriental de esta zona, y con mayor altitud, se encuentra el río Carchi, con una longitud de 37,7 km; nace a los 4 600 m de altitud, en el volcán Chiles, es el límite natural con Colombia con una longitud de 2 900 m (UICN et al., 2009) y presenta una pendiente media de 17 % (Intriago y Sánchez, 2013). La precipitación promedio anual de la cuenca es de 1 200 mm y un caudal promedio de 94 m³/s. Al oeste de la cuenca del río Carchi se encuentra la cuenca del río Mira; este río nace en los páramos de Pimampiro su cuenca hidrográfica es compartida con Colombia. Nace en los páramos de El Ángel y en el nudo de Mojanda - Cajas, a una altitud de 4 863 m. Es el límite natural entre las provincias de Carchi e Imbabura y luego Carchi y Esmeraldas, hasta unirse al río San Juan, a una altitud de 92 m, antes de pasar a territorio colombiano (Guachamin et al., 2015). El cauce principal recorre, de este a oeste, 207,7 km con una pendiente media de 36,5 % (Intriago y Sánchez 2013). La precipitación promedio anual de la cuenca es de 1 695 mm y un caudal promedio de 230 m³/s (Galárraga-Sánchez, 2000).

Al sur de estas tres cuencas se encuentra la cuenca del río Santiago, formado por los ríos Santiago y Cayapas que desembocan en el océano Pacífico formando un gran estuario. Esta cuenca ocupa

la mayor parte de la Zona Santiago Cayapas. El Santiago nace en las estribaciones occidentales a una altitud de 3 400 m y el cauce principal recorre, de este a oeste, 169,1 km con una pendiente media de 17,2 % (Intriago y Sánchez, 2013), su precipitación promedio anual es de 3 631 mm que genera un caudal promedio de 491 m³/s (Galárraga-Sánchez, 2000). La cuenca del río Santiago conserva alrededor de 1 312 km² de bosques húmedos nativos de la costa ecuatoriana (Ministerio del Ambiente, 2013).

3.2.2. Zona Esmeraldas

Al sur de la cuenca del río Santiago, se encuentra la del río Esmeraldas, que se forma por los aportes de los ríos Guayllabamba, Blanco y Quinindé. Fluye desde lo alto de los Andes (5 800 m) en dirección noroeste y desemboca en el Pacífico en la ciudad de Esmeraldas. Es la segunda cuenca más grande en el oeste de Ecuador, tanto en términos de área (21.640 km²) como de volumen de agua drenado (991 m³/s) (Intriago y Sánchez, 2013) y alberga una importante fauna de peces de agua dulce que varía sustancialmente con la elevación (Malato et al., 2017). Las partes media y alta de la cuenca incluyen áreas de bosque húmedo, lo cual contribuye a la diversidad de especies en esta zona. Esta cuenca está bastante afectada por degradación y pérdida de hábitats producto de la agricultura, la expansión de pastos y otras actividades humanas (Figura 6). Recibe la contaminación de la ciudad de Quito y todas sus zonas agrícolas, que también afectan a la ictiofauna en esta zona.

3.2.3. Zona Guayas

La Zona del Guayas es una de las regiones ictiohidrográficas más importantes para el noroccidente de Sudamérica. Ya desde 1921, Eigenmann separó tres tipos de faunas de peces de la vertiente del Pacífico de América del Sur: (1) la Panamá y Colombia; (2) la de la cuenca del río Guayas que se extiende hasta el río Rimac en Perú y (3) la del oeste de Perú (al su del río Rimac o del Santa) y de Chile. Esta zona se caracteriza por el alto nivel de endemismo de los peces y la presencia de grupos distintivos como *Ichthyoelephas* (el bocachico). Lamentablemente,

también es la zona que ha sido más afectada por las actividades humanas, la cuenca del río Guayas es un área con suelos muy ricos por lo que la mayoría de la flora nativa ha sido reemplazada por plantaciones agrícolas y pastos (Figura 6).

La Zona Guayas se puede dividir en tres áreas principales: (a) los ríos bajos de la zona costera norte (que fueron incluidos parcial o totalmente en la zona intermareal por Barriga (2012), (b) la cuenca del río Guayas que da el nombre a la zona, y (c) los ríos que drenan directamente desde la cordillera occidental de los Andes al golfo de Guayaquil, al sur de la cuenca del río Guayas, hasta la cuenca del río Jubones. A continuación, describimos estas áreas.

a) Ríos Bajos de la Zona Costera Norte: en el área comprendida entre el sur de la desembocadura del río Esmeraldas y el río Guayas, donde existe un número relativamente grande de pequeños ríos que discurren entre la Cordillera de la Costa y el Océano Pacífico. Estos se ven fuertemente impactados por el gradiente de humedad que ocurre de norte a sur, de modo que los ríos más al norte de esta área están rodeados por bosques mucho más húmedos, mientras que los ríos más al sur se encuentran en zonas mucho más secas y a menudo sus ríos son estacionales o efímeros. Aunque la humedad varía a lo largo de su gradiente, la transición entre bosque costero húmedo y seco parece ocurrir justo al norte del río Chone, cerca de Bahía de Caráquez (Wolf, 1892). Sin embargo, existe una importante área con bosque húmedo al sur del río Chone, en el área entre Puerto Cayo y Olón, donde la cadena montañosa costera se encuentra muy cerca del océano. En esta zona, el río Ayampe retiene agua durante todo el año y está rodeado de frondosos bosques (Fundación Jocotoco, 2020). Al sur de Olón, en la provincia de Santa Elena, las condiciones se vuelven bastante secas, incluye algunos de los hábitats más secos de Ecuador (< 250 mm de lluvia al año). Los ríos costeros más importantes de la Costa Norte incluyen los ríos Atacames, Muisne, Coaque, Chone, Portoviejo, Ayampe y Zapotal. Actualmente no se dispone de listas fiables de las especies de peces de agua dulce de los ríos de esta región, aunque la diversidad

de especies es ciertamente baja en la mayoría de los ríos y es probable además, que estos ríos estén habitados por un número significativo de especies estuarinas.

b) La cuenca del río Guayas: es la más grande de la costa del Pacífico, abarca un área de aproximadamente 32 674 km², entre la Cordillera de la Costa y la Cordillera de los Andes (Gómez, 1989). La Cordillera de la Costa juega un papel clave en la separación del sistema de drenaje del Guayas del sistema de drenaje de la Costa Norte y (junto con los Andes), en la canalización de los ríos hacia el sur del Golfo de Guayaquil.

El Guayas está formado por la unión de sus dos principales afluentes, cerca de la desembocadura de la cuenca: el río Daule, que drena las aguas en el lado occidental de la cuenca, incluso desde las laderas de la cordillera costera, y el río Babahoyo, que drena las aguas del lado oriental de la cuenca, incluidos los arroyos montañosos de los Andes. El área de tierras bajas, entre estas dos cadenas montañosas, contiene suelos y humedales extremadamente productivos, razón por la cual la vegetación nativa ha sido talada, en gran parte y reemplazada por campos agrícolas (Figura 7) (Dodson & Gentry, 1991). Debido a su tamaño y aislamiento, la cuenca del río Guayas, tiene el mayor número de peces de agua dulce, así como el mayor porcentaje de especies endémicas.

c) Las cuencas al sur del río Guayas: Entre las cuencas del río Guayas y Jubones, existen una serie de pequeñas cuencas que fluyen directamente de los Andes al estuario del Golfo de Guayaquil. Muchas de estas cuencas tienen una pendiente fuerte, debido a la cercanía de los Andes al océano, en esta área. En el invierno, las fuertes lluvias, suelen ocasionar desbordamiento de los ríos, que además, permite la mezcla de ictiofaunas. Los peces de estas cuencas tienen una fuerte afinidad con los peces de la cuenca del río Guayas; como ocurre en otras partes de la Zona Guayas, esta área ha sido fuertemente afectada por actividades humanas, especialmente por la agricultura (Figura 6). Ríos importantes incluyen los ríos Cañar y Balao.

3.2.4. Catamayo

Barriga (2012) reconoció una zona biogeográfica distinta para los peces de agua dulce, en la parte sur de la región Guayas, la zona de Catamayo, que se extiende desde el río Jubones al norte de la ciudad de Machala, hacia el sur hasta el norte de Perú. La mayoría de los ríos en esta zona son arroyos de montaña. Las áreas planas de tierras bajas son relativamente pequeñas debido a la proximidad de los Andes al océano, aunque hay algunos humedales como La Tembladera, cerca de la ciudad de Santa Rosa (Valdiviezo-Rivera et al., 2018). Esta región es reconocida como un punto importante de endemismo para otros organismos, lo que sugiere que históricamente ha habido un aislamiento significativo (Tapia-Armijos et al., 2015). También hay alguna evidencia de divergencia genética entre poblaciones de esta región y poblaciones en el Guayas (Cucalón-Tamayo, 2019), lo que sugiere que la similitud entre las especies presentes puede enmascarar una adaptación local significativa de las poblaciones en esta región. Lamentablemente, los ríos de esta zona están fuertemente afectados por las actividades humanas, incluyendo la agricultura, en las partes bajas y la transformación de bosques a pastos en las partes altas (Figura 6). Ríos importantes de esta zona incluyen los ríos Jubones, Buenavista, Santa Rosa y Arenillas.

4. Relaciones entre las zonas ictiohidrográficas

De todas las especies de peces de agua dulce en el oeste de Ecuador, el 39,8 % (45 de 113) son endémicas. La zona del río Guayas, alberga el mayor número de especies endémicas (26), seguida por las zonas Esmeraldas (20), Catamayo (18) y Santiago-Cayapas (16). El porcentaje global de especies endémicas en el occidente de Ecuador es mayor que el de regiones similares también conocidas por su endemismo, como el Chocó colombiano, en el que el 33 % de las especies (63 de 186) son endémicas (Maldonado-Ocampo et al., 2012). De las 45 especies, endémicas para el Ecuador, 44 son del superorden Ostariophysii: 20 del orden Characiformes, 21 del orden Siluriformes y 3 del orden Gymnotiformes. La otra especie endémica es el cíclido *Andinoacara blombergi*. La Zona Guayas también alberga el mayor número de

especies endémicas exclusivas, es decir que solo se encuentran en esta zona, con ocho: *Saccodon terminalis*, *Ichthyolephas humeralis*, *Leporinus ecuadoriensis*, *Bryconamericus bucayensis*, *Lebiasina aureoguttata*, *Astroblepus chimborazoi*, *Isorineloricaria spinosissima*, y *Sternopygus arenatus*. Las zonas de Santiago-Cayapas y Esmeraldas tienen siete especies endémicas exclusivas cada una. Para Santiago-Cayapas estas son: *Grundulus quitoensis*, *Hyphessobrycon sp.*, *Pseudochalceus bohlkei*, *Astroblepus regani*, *Astroblepus theresiae*, *Astroblepus ubidiai* y *Sturisomatichthys frenatus*, mientras que para Esmeraldas: *Paracetopsis esmeraldas*, *Astroblepus eigenmanni*, *Astroblepus fissidens*, *Astroblepus mindoensis*, *Astroblepus whymperi*, *Hemiancistrus furtivus*, y *Microglanis berbixae*. La Zona de Catamayo solo tiene una especie endémica exclusiva: *Transancistrus santarosensis*.

El número de especies por zona es similar, en la zona de Guayas habita el mayor número de especies (68), seguida cercanamente de la zona de Santiago-Cayapas (64), Esmeraldas (63) y Catamayo (52). Sin embargo, la mayoría de especies tienen distribuciones geográficas restringidas en la vertiente occidental. De las 113 especies de la vertiente occidental, 40 (35,4 %) se encuentran en una sola zona, mientras que solo 13 (11,5 %) se distribuyen en las cuatro zonas (Figura 8). Esto indica que hay un cambio importante de especies entre las zonas a pesar de la corta distancia geográfica entre ellas.

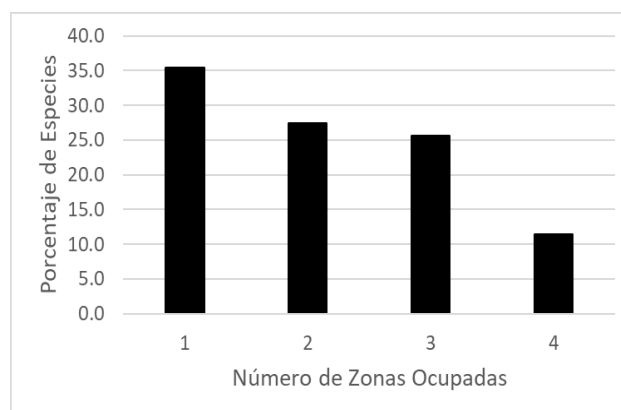


Figura 8. Porcentaje de especies ocupando entre uno y cuatro de las zonas ictiohidrográficas en la vertiente occidental del Ecuador.

Las zonas ictiohidrográficas muestran un patrón de mayor diferenciación mientras más distancia geográfica existe entre ellas. Las zonas más equivalentes, con base del índice de disimilitud de Jaccard (IJ), fueron las del noroccidente: Santiago-Cayapas y Esmeraldas (IJ = 0,488; 43 especies compartidas de 84 especies en total para las dos zonas, o el 51,2 %). Estas zonas además comparten cuatro especies endémicas para la vertiente occidental que no se encuentran en otras zonas (*Pseudocurimata boehlkei*, *Brycon posadae*, *Rhoadsia minor* y *Andinoacara blombergi*).

Las siguientes zonas más cercanamente relacionadas son las del sur: Guayas y Catamayo (IJ=0,500; 38 especies compartidas de 76 especies en total para las dos zonas, o el 50,0 %) (Tabla 1). Comparten además nueve especies endémicas que no han sido registradas en otras zonas (*Saccodon wagneri*, *Pseudocurimata boulengeri*, *Hyphessobrycon ecuadoriensis*, *Iotabrycon praecox*, *Phenacobrycon henni*, *Paracetopsis bleekeri*, *Ancistrus clementinae*, *Hemiancistrus landoni*, y *Microglanis variegatus*). Mientras la zona de Guayas incluye 30 especies que no están registradas para la zona de Catamayo, la zona de Catamayo solo tiene 8 especies que no han sido registradas en la zona de Guayas, por lo que la zona de Catamayo es prácticamente una subunidad de la de Guayas.

Las zonas de Guayas y Esmeraldas también comparten similaridad, con un IJ = 0,544, aunque

estas dos zonas no comparten especies endémicas exclusivas. Todas las especies endémicas compartidas entre las zonas de Esmeraldas y Guayas se encuentran en por lo menos una zona más. La diferencia más grande se encontró entre las zonas de Santiago-Cayapas y Catamayo en los extremos norte y sur de la vertiente occidental (IJ = 0.817). Estas dos zonas solo comparten 17 de las 93 especies que se encuentran entre las dos zonas (18,3 %), indicando que la mayoría de la ictiofauna, cambia a nivel de especie, según un gradiente latitudinal a lo largo de la vertiente occidental (Figura 9).

A nivel de familia, existe buena homogeneidad entre zonas, con algunas diferencias evidentes (Figura 10); el orden Characiformes es el que presenta las diferencias más claras entre zonas. Representantes de las familias Anostomidae y Prochilodontidae, solo se encuentran en la zona de Guayas; la familia Parodontidae, solo se encuentra en el suroccidente, Guayas y Catamayo. Al otro extremo, la familia Gasteropelecidae, solo está representada en la zona de Santiago-Cayapas. Los Siluriformes tienen una distribución bastante homogénea entre las cuatro zonas. Para los Gymnotiformes, la familia Apterontidae, incluye representantes en las zonas del noroccidente, Santiago-Cayapas y Esmeraldas; mientras que las otras familias de este orden son relativamente homogéneas en la región. Para los otros órdenes, hay algunas familias que carecen de representantes en la zona de Catamayo, pero amplia distribución en las otras tres zonas.

Tabla 1.

Índice de disimilitud de Jaccard entre las zonas ictiohidrográficas de la vertiente occidental del Ecuador. Números más grandes indican mayores diferencias entre las comunidades de peces presentes en las zonas.

	Santiago-Cayapas	Esmeraldas	Guayas	Catamayo
Santiago-Cayapas	*			
Esmeraldas	0.488	*		
Guayas	0.693	0.544	*	
Catamayo	0.817	0.687	0.500	*

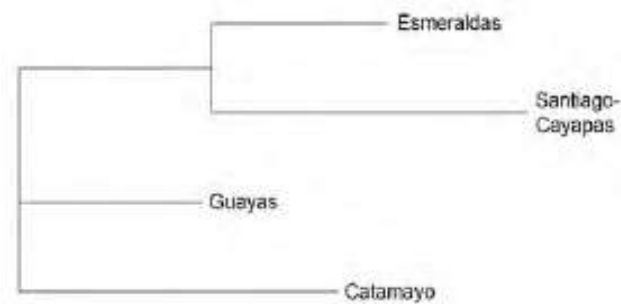


Figura 9. Árbol de *Neighbor-Joining* computado a base de los índices de disimilitud de Jaccard mostrando las relaciones entre las zonas ictiohidrográficas de la vertiente occidental del Ecuador.

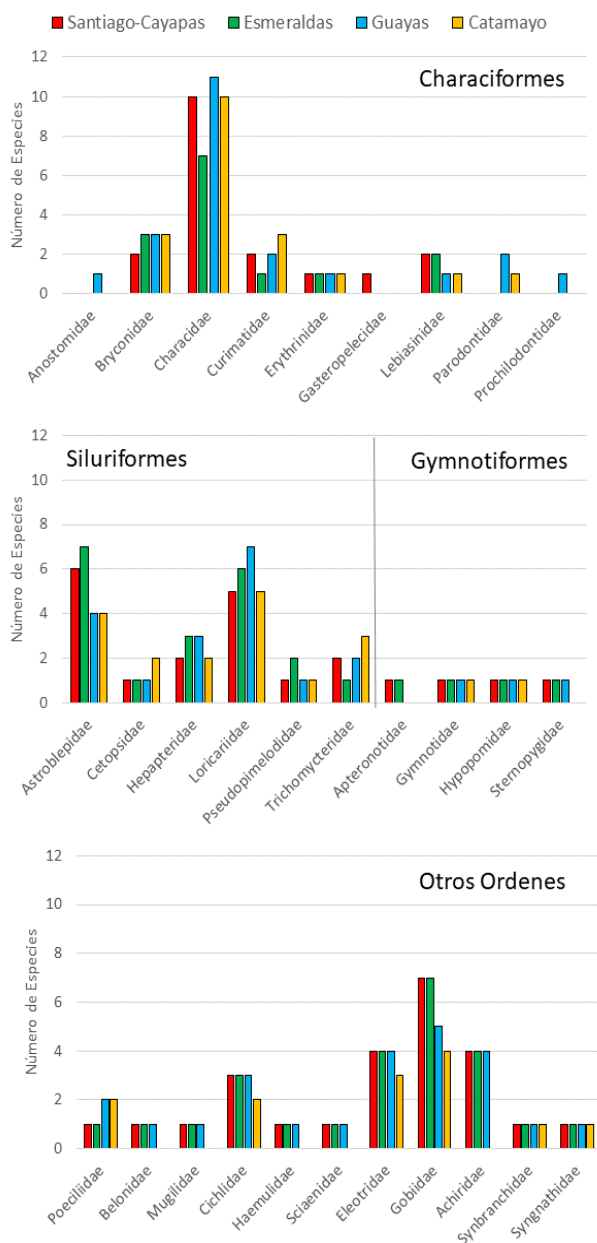


Figura 10. Número de especies por familia en las diferentes zonas ictiohidrográficas.

5. Limitaciones: Los resultados de este estudio representan el análisis hecho a base de los conocimientos actuales de la ictiofauna de la vertiente occidental del Ecuador. Nuevos estudios sistemáticos y la solución de problemas taxonómicos de muchos grupos probablemente modifiquen la lista de peces, tanto en el número de especies existentes en la región como en su distribución. Esto obviamente puede generar cambios a los resultados obtenidos aquí. Por ejemplo, la taxonomía del género *Astroblepus* es muy pobre y es posible que el número válido de especies, de la vertiente occidental, sea bastante diferente al que actualmente se reconoce, e incluso que algunos registros estén mal identificados; en muchos casos, hay registros que solo han sido hechos hasta el nivel de género. Algunas áreas también han sido muy pobremente muestreadas, como los cortos o efímeros ríos bajos del occidente de la cordillera Costera. Creemos que este trabajo es un aporte más al conocimiento de la diversidad y biogeografía de los peces de la vertiente occidental del Ecuador y estimulará nuevos estudios que evidencien aún más la importancia de la ictiofauna como un recurso de nuestro país.

6. Conclusiones

La diversidad de la ictiofauna de la vertiente occidental del Ecuador es mucho menor que la de la vertiente oriental, y algunas familias, ecológicamente importantes y diversas, de la región amazónica no están representadas en la región occidental. Grupos de origen marino o estuarino están sobre-representados en la región occidental en comparación con la región Amazónica, así también con la presencia de algunas familias que son estrictamente de agua dulce como los astroblépidos y bricónidos. Los niveles de endemismo son bastante altos en la región occidental, probablemente debido a su largo aislamiento por el levantamiento de la cordillera de los Andes y la abundancia de barreras geográficas, que separan a las faunas acuáticas de la región. Consistente con el hecho de que es la cuenca más grande de la vertiente occidental, la zona de Guayas, tiene el mayor número de especies y la mayor tasa de endemismo de la vertiente occidental.

Muchas especies de la región occidental están restringidas geográficamente y se encuentran solo en una o dos de las zonas ictiohidrográficas, lo cual probablemente esté facilitando el origen de nuevas especies y contribuyendo a los altos niveles de endemismo. Mientras que zonas vecinas como Santiago-Cayapas con Esmeraldas, o Guayas con Catamayo, comparten casi la mitad de sus especies. La ictiofauna cambia drásticamente, a nivel de especie, entre la zona norte de Santiago-Cayapas y la del sur de Catamayo, de tal manera que estas zonas solo comparten el 18,3 % de las especies.

Hay que considerar que nuevos estudios sistemáticos y avances en la solución de problemas taxonómicos severos en algunos grupos, como los astroblépidos, provocarían que el número y la distribución geográfica de algunas especies cambien en el futuro, a medida

que se acumule más información. Dado los altos niveles de endemismo de la ictiofauna de la vertiente occidental y las fuertes amenazas a los organismos acuáticos de la región, se necesita urgentemente mayores esfuerzos para conocer y conservar esta importante ictiofauna.

Agradecimientos: Las fotografías de los peces fueron tomados del sitio web: *The Freshwater Fishes of Western Ecuador* (Aguirre et al., 2021). Agradecemos contribuciones de fotos de Pedro Jiménez-Prado (*Gasteropelecus maculatus*), Enrique Laaz (*Pomadasys bayanus*), Fredy Nugra (*Brachyhypopomus palenque*), Nathan Lujan (*Transancistrus santarosensis*), el *Field Museum of Natural History* (*Sternopygus arenatus*, *Strongylura fluviatilis* y *Pseudophallus starskii*), y el *British Museum of Natural History* (*Sicydium rosenbergii*).

Bibliografía

- Aguirre, W. (2013). Freshwater Fishes of Western Ecuador- *Lebiasina bimaculata*. The Freshwater Fishes of Western Ecuador. https://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/lebiasina_bimaculata.html
- Aguirre, W. E., Calle, P., Jiménez-Prado, P., Laaz-Moncayo, E., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Shervette, V. R., & Torres-Noboa, A. (2021). The Freshwater Fishes of Western Ecuador. <https://condor.depaul.edu/~waguirre/fishwestec/>
- Aguirre, W., Navarrete, R., Calle, P., & Sánchez-Garcés, G. C. (2014). First record of *Iotabrycon praecox* Roberts 1973 (*Characidae: Stevardiinae*) in the Santa Rosa drainage, southwestern Ecuador. *Check List*, 10(2), 382–385. <https://doi.org/10.15560/10.2.382>
- Albert, J. S., Petry, P., & Reis, R. E. (2011). Major biogeographic and phylogenetic patterns. In *Historical Biogeography of Neotropical Freshwater Fishes* (p. 388). University of California Press.
- Armbruster, J., Van der Sleen, P., & Lujan, N. (2018). Family *Loricariidae*- Suckermouth armored catfish. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 253–298). Princeton University Press.
- Barnhill Les, B., López León, E., & Les, A. J. (1974). Estudio sobre la biología de los peces del Río Vices. *Instituto Nacional de Pesca Boletín Científico y Técnico*, 3(1), 1–40.
- Barriga, R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30(3), 83–119.
- Bockmann, F. A., & Slobodian, V. (2018). Family *Hepapteridae*- Three-barbeled catfishes. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 233–252). Princeton University Press.

- Bonifaz, C., & Cornejo, X. (2004). Flora del Bosque de Garúa (árboles y epífitas) de la comuna Loma Alta, cordillera Chongón Colonche, provincia del Guayas Ecuador. Universidad de Guayaquil.
- Bussing, W. (2002). Peces de las aguas continentales de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Crampton, W. G. R., Santana, C. D. de, Waddell, J. C., & Lovejoy, N. R. (2016). A taxonomic revision of the Neotropical electric fish genus *Brachyhypopomus* (Ostariophysi: Gymnotiformes: Hypopomidae), with descriptions of 15 new species. *Neotropical Ichthyology*, 14(4), e150146. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-20150146>
- Cucalón Tamayo, R. V. (2019). Phylogeography of the Neotropical Fish Genus *Rhoadsia* (Teleostei: Characidae) in Ecuador [M.S. Thesis]. DePaul University.
- Dodson, C. H., & Gentry, A. H. (1978). Flora of the Río Palenque Science Center. Selbyana, The Journal of the Marie Selby Botanical Gardens, 4(1–6), 1–628.
- Dodson, C. H., & Gentry, A. H. (1991). Biological Extinction in Western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78(2), 273–295. <https://doi.org/10.2307/2399563>
- Dodson, C. H., Gentry, A. H., & Valverde, F. M. (1985). La flora de Jauneche, Los Ríos, Ecuador. Banco Central del Ecuador.
- Fernández, L. (2018). Family Trichomycteridae- Pencil catfishes, torrent catfishes, and parasitic catfishes (Candirús). In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 311–322). Princeton University Press.
- Frable, B. (2018). Family Curimatidae-Toothless Characins. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 148–153). Princeton University Press.
- Froese, R., & Pauly, D. (2021). FishBase: A Global Information System on Fishes. <https://www.fishbase.in/home.htm>
- Fundación Jocotoco. (2020). Reserva Ayampe. Reserva Ayampe. <https://www.jocotoco.org/wb#/EN/Ayampe>
- Galárraga, R., 2000. “Informe nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador”. Consultado en <https://www.cepal.org/cgi-bin/getProd.asp?xml=/samtac/noticias/documentosdetrabajo/6/23346/P23346.xml&xsl=/samtac/tpl/p38f.xsl>
- Gardener, M. (2014). *Community Ecology. Analytical methods using R and Excel*. Pelagic Publishing.
- Gómez, N. (1989). *Elementos de geografía del Ecuador. El hombre y el medio*. Ediguías C. Ltda.
- Granda Pardo, J. C., & Montero Loayza, C. S. (2015). Aplicación de morfometría geométrica para la comparación de distintas poblaciones de guanchiche (*Hoplias* spp.) en ecosistemas lénticos y lóticos del Ecuador [Tesis de Pregrado]. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- IEE, MAGAP, & CGSIN 2009-2015, Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional a escala 1:25 000, recuperado de <http://geoportal.agricultura.gob.ec/> el 26 de marzo de 2019.
- Intriago, C. A. y Sánchez, A. A. 2013. Manual hidrológico de las cuencas hidrográficas de la vertiente del Pacífico-Norte. Tesis de grado. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Jácome, J., Quezada Abad, C., Sánchez-Romero, O., Pérez, J. E., & Nirchio, M. (2019). Tilapia en Ecuador: Paradoja entre la producción acuícola y la protección de la biodiversidad ecuatoriana. *Revista Peruana de Biología*, 26(4), 543–550. <https://doi.org/10.15381/rpb.v26i4.16343>

- Jiménez-Prado, P., Aguirre, W., Laaz-Moncayo, E., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Rebolledo-Monsalve, E., Zarate-Hugo, E., Torres-Noboa, A., & Valdiviezo-Rivera, J. (2015). Guía de Peces para Aguas Continentales en la Vertiente Occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Universidad del Azuay y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales del Instituto Nacional de Biodiversidad.
- Kingsford, R. T. 2011. Conservation management of rivers and wetlands under climate change -a synthesis. *Marine and Freshwater Research* 62, 217-222.
- Kullander, S. O., López-Fernández, H., & Van der Sleen, P. (2018). Family Cichlidae- Cichlids. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 359–385). Princeton University Press.
- Laaz, E., Salazar, V., & Torres, A. (2009). Guía Ilustrada para la identificación de peces continentales de la Cuenca del Río Guayas. Facultad de Ciencias Naturales-Universidad de Guayaquil.
- Laaz, E., & Torres, A. (2014). Lista de Peces continentales de la Cuenca del Río Guayas. <http://condor.depaul.edu/waguirre/fishwestec/intro.html>
- Malato, G., V.R. Shervette, R. Navarrete Amaya, J. Valdiviezo Rivera, F. Nugra Salazar, P. Calle Delgado, K.C. Karpan, and W.E. Aguirre. 2017. Parallel body shape divergence in the Neotropical fish genus *Rhoadsia* (Teleostei: Characidae) along elevational gradients of the Western Slopes of the Ecuadorian Andes. *PLoS One* 12(6):e0179432.
- Maldonado-Ocampo, J. A., Usma Oviedo, J. S., Villa-Navarro, F. A., Ortega-Lara, A., Prada-Pedrerros, S., Jiménez S., L. F., Jaramillo Villa, Ú., Arango, A., Rivas, T. S., & Sánchez Garcés, G. C. (2012). Peces dulceacuícolas del Chocó biogeográfico de Colombia. WWF Colombia, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) , Universidad del Tolima, Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Pontificia Universidad Javeriana. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/32918>
- Ministerio del Ambiente, 2013. Sistema de clasificación de los ecosistemas del Ecuador continental. Subsecretaria de Patrimonio Natural. Quito. 235 pp.
- Melo, B. F., & Sidlauskas, B. L. (2018). Family Prochilodontidae-Flannel Mouth Characiforms. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 170–172). Princeton University Press.
- Meza-Vargas, V., Faustino-Fuster, D., Marchena, J., & Ortega, H. (2019). Geographic distribution extension of *Landonia latidens* Eigenmann & Henn, 1914 (Characidae, Stevardiinae) in coastal drainages of Peru. *Check List*, 15(5), 851–855. <https://doi.org/10.15560/15.5.851>
- Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. H. (2016). *Fishes of the World* (5th ed.). John Wiley & Sons.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., Minchin, P. R., O'Hara, R. B., Simpson, G. L., Solymos, P., Stevens, M. H. H., Szoecs, E., & Wagner, H. (2019). *vegan: Community Ecology Package* (2.5-6) [Computer software]. <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Paradis, E., & Schliep, K. (2019). Ape 5.0: An environment for modern phylogenetics and evolutionary analyses in R. *Bioinformatics*, 35, 526–528.
- Pavanelli, C. S., & Starnes, W. C. (2015). Revision of the trans-Andean scrapetooths genus *Saccodon* (Ostariophysi: Characiformes: Parodontidae). *Ichthyological Explorations of Freshwaters*, 26(3), 193–207.

- Provenzano R., F., & Barriga-Salazar, R. (2018). Species of *Ancistrus* (Siluriformes, Loricariidae) from Ecuador, with the description of a new species from the Amazon River Basin. *Zootaxa*, 4527(2), 211–238. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4527.2.4>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Revelo, W., & Laaz, E. (2012). Catalogo de peces de aguas continentales provincia de Los Ríos Ecuador. Instituto Nacional de Pesca Boletín Especial, 3(5), 1–57.
- Roberts, T. R. (1974). Dental polymorphism and systematics in *Saccodon*, a neotropical genus of freshwater fishes (Parodontidae, Characoidei). *Journal of Zoology*, 173(3), 303–321. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.1974.tb04117.x>
- Román-Valencia, C., Ruiz-C., R. I., Taphorn B., D. C., Jiménez-Prado, P., & García-Alzate, C. A. (2015). A new species of *Bryconamericus* (Characiformes, Stevardiinae, Characidae) from the Pacific coast of northwestern Ecuador, South America. *Animal Biodiversity and Conservation*, 38(2), 241–252.
- Sabater, S., Donato, J. C., Giorgi, A. y elosegi, A. 2009. El río como ecosistema. En Elosegí y Sabater (eds.) Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Fundación BBVA.
- Schaefer, S. A., & Arroyave, J. (2010). Rivers as islands: Determinants of the distribution of Andean astrolepid catfishes. *Journal of Fish Biology*, 77(10), 2373–2390. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2010.02822.x>
- SENAGUA 2014, Unidades hidrográficas nivel 5. escala 1:50 000, recuperado de <https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/> el 21 de enero de 2020.
- Shibatta, O. A., & Van der Sleen, P. (2018). Family Pseudopimelodidae- Bumblebee catfishes, dwarf-marbeled catfishes. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 308–310). Princeton University Press.
- Sidlauskas, B., L., & Birindelli, J. L. O. (2018). Family Anostomidae-Toothed Headstanders. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 82–89). Princeton University Press.
- Tapia-Armijos, M. F., Homeier, J., Espinosa, C. I., Leuschner, C., & de la Cruz, M. (2015). Deforestation and Forest Fragmentation in South Ecuador since the 1970s – Losing a Hotspot of Biodiversity. *PLOS ONE*, 10(9), e0133701. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0133701>
- Tobes, I., Falconí-López, A., Valdiviezo-Rivera, J., & Provenzano-Rizzi, F. (2020). A new species of *Microglanis* (Siluriformes: Pseudopimelodidae) from the Pacific slope of Ecuador. *Neotropical Ichthyology*, 18(2), e190023. <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2019-0023>
- UICN, Secretaria Nacional del Agua y Comunidad Andina. 2009. Delimitación y codificación de unidades hidrogeográficas del Ecuador. Escala 1: 250 000. Nivel 5. Metodología Pfafstetter.
- Valdiviezo-Rivera, J., Carillo-Moreno, C., & Puertas, C. (2018). Ecosistemas dulceacuícolas de la provincia de El Oro: Peces y macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos del páramo al manglar.
- Van der Sleen, P., & Albert, J. (2018a). Family Cetopsidae- Whale catfishes. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 220–221). Princeton University Press.
- Van der Sleen, P., & Albert, J. (2018b). Family Synbranchidae—Swamp eels. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (p. 399). Princeton University Press.

- Van der Sleen, P., & Albert, J. S. (2018c). Family Astroblepidae- Andean hillstream or climbing catfish. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 207–208). Princeton University Press.
- Van der Sleen, P., & Albert, J. S. (2018d). Family Parodontidae-Scrapetooths. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 169-170.). Princeton University Press.
- van der Sleen, P., & Albert, J. S. (2018). *Field guide to the fishes of the Amazon, Orinoco, and Guianas*. Princeton University Press.
- Van der Sleen, P., Albert, J. S., Lima, F. C. T., Netto-Ferreira, A. L., Mattox, G. M. T., & Toledo-Piza, M. (2018). Family Characidae- Tetras and relatives. In *Field Guide to the Fishes of the Amazon, Orinoco & Guianas* (pp. 92–140). Princeton University Press.
- Vari, R. P. (1989). Systematics of the Neotropical characiform genus *Pseudocurimata* Fernández-Yépez (Pisces:Ostariophysi). *Smithsonian Contributions to Zoology*, 490, 1–28.
- Villamarín-Cortez, S., Valdiviezo-Rivera, J., Villamarín-Flores, C., Aguirre, W., Herrera-Madrid, M., Carillo-Moreno, C., Trujillo-Regalado, S., & Yáñez-Muñoz, M. (2018). Patrones de diversidad en las fuentes hídricas de la provincia de El Oro. In *Ecosistemas dulceacuícolas de la provincia de El Oro. Peces y macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos del páramo al manglar*. (pp. 77–110).
- Wolf, T. (1892). *Geografía y geología del Ecuador*. F. A. Brockhaus.

Apéndice 1. Los peces de agua dulce de la vertiente occidental del Ecuador. SC = Zona Santiago-Cayapas, E = Esmeraldas, G = Guayas, C = Catamayo. Endm = especie endémica. Fuen = Fuentes bibliográficas.

Orden	Familia	Especie	SC	E	G	C	Endm	Fuen
Characiformes	Parodontidae	<i>Saccodon wagneri</i>	0	0	1	1	1	1
Characiformes	Parodontidae	<i>Saccodon terminalis</i>	0	0	1	0	1	1
Characiformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata boehlkei</i>	1	1	0	0	1	1
Characiformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata boulengeri</i>	0	0	1	1	1	1, 2
Characiformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata lineopunctata</i>	1	0	0	0	0	1
Characiformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata peruana</i>	0	0	0	1	0	1
Characiformes	Curimatidae	<i>Pseudocurimata troschelii</i>	0	0	1	1	0	1
Characiformes	Prochilodontidae	<i>Ichthyolephas humeralis</i>	0	0	1	0	1	1
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus ecuadoriensis</i>	0	0	1	0	1	1
Characiformes	Gasteropelecidae	<i>Gasteropelecus maculatus</i>	1	0	0	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax festae</i>	0	1	1	1	0	1, 2
Characiformes	Characidae	<i>Astyanax ruberrimus</i>	1	1	0	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Bryconamericus bucayensis</i>	0	0	1	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Bryconamericus simus</i>	0	0	1	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Eretmobrycon brevirostris</i>	0	1	1	1	0	1, 2
Characiformes	Characidae	<i>Eretmobrycon dahli</i>	1	1	0	1	0	1, 2
Characiformes	Characidae	<i>Eretmobrycon ecuadorensis</i>	1	1	1	1	1	3
Characiformes	Characidae	<i>Grundulus quitoensis</i>	1	0	0	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Hyphessobrycon ecuadoriensis</i>	0	0	1	1	1	1, 2
Characiformes	Characidae	<i>Hyphessobrycon sp.</i>	1	0	0	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Pseudochalceus bohlkei</i>	1	0	0	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Pseudochalceus lineatus</i>	1	1	1	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Pseudochalceus longianalis</i>	1	0	0	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Roeboides occidentalis</i>	1	0	0	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Rhoadsia altipinna</i>	0	0	1	1	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Rhoadsia minor</i>	1	1	0	0	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Iotabrycon praecox</i>	0	0	1	1	1	1
Characiformes	Characidae	<i>Landonia latidens</i>	0	0	1	0	0	1
Characiformes	Characidae	<i>Phenacobrycon henni</i>	0	0	1	1	1	1, 2
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon alburnus</i>	0	1	1	1	1	1, 2
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon atrocaudatus</i>	0	0	1	1	0	1

Orden	Familia	Especie	SC	E	G	C	Endm	Fuen
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon dentex</i>	0	1	1	1	1	1
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon oligolepis</i>	1	0	0	0	0	1
Characiformes	Bryconidae	<i>Brycon posadae</i>	1	1	0	0	1	1
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias malabaricus</i>	1	1	0	0	0	1
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias microlepis</i>	0	0	1	1	0	1
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Lebiasina astrigata</i>	1	1	0	0	0	1
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Lebiasina aureoguttata</i>	0	0	1	0	1	1
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Lebiasina bimaculata</i>	1	1	1	1	0	1
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Cetopsis amphiloza</i>	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Paracetopsis atahualpa</i>	0	0	0	1	0	1
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Paracetopsis bleekeri</i>	0	0	1	1	1	1
Siluriformes	Cetopsidae	<i>Paracetopsis esmeraldas</i>	0	1	0	0	1	1
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Ituglanis laticeps</i>	0	0	1	1	0	1
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus banneaui</i>	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus taenia</i>	1	1	1	1	0	1, 2
Siluriformes	Trichomycteridae	<i>Trichomycterus taczanowskii</i>	0	0	0	1	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus brachycephalus</i>	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus chimborazoi</i>	0	0	1	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus chotae</i>	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cyclopus</i>	0	1	0	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus eigenmanni</i>	0	1	0	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus fissidens</i>	0	1	0	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus cf. grixalvii</i>	0	1	1	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus longifilis</i>	0	1	1	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus mindoensis</i>	0	1	0	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus regani</i>	1	0	0	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus simonsii</i>	1	0	1	0	0	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus theresiae</i>	1	0	0	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus ubidiai</i>	1	0	0	0	1	1
Siluriformes	Astroblepidae	<i>Astroblepus whymperi</i>	0	1	0	0	1	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Rineloricaria jubata</i>	1	1	1	0	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Sturisomatichthys frenatus</i>	1	0	0	0	1	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Sturisomatichthys panamensis</i>	1	1	0	0	0	1

Orden	Familia	Especie	SC	E	G	C	Endm	Fuen
Siluriformes	Loricariidae	<i>Isorineloricaria spinosissima</i>	0	0	1	0	1	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Ancistrus clementinae</i>	0	0	1	1	1	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma bifurcum</i>	0	1	1	1	0	1, 2
Siluriformes	Loricariidae	<i>Chaetostoma marginatum</i>	1	1	1	0	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hemiancistrus annectens</i>	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hemiancistrus furtivus</i>	0	1	0	0	1	4
Siluriformes	Loricariidae	<i>Hemiancistrus landoni</i>	0	0	1	1	1	1, 2
Siluriformes	Loricariidae	<i>Transancistrus aequinoctiale</i>	0	1	1	1	1	1
Siluriformes	Loricariidae	<i>Transancistrus santarosensis</i>	0	0	0	1	1	1
Siluriformes	Pseudopimelodidae	<i>Batrochoglanis transmontanus</i>	1	1	0	0	0	1
Siluriformes	Pseudopimelodidae	<i>Microglanis berbixae</i>	0	1	0	0	1	5
Siluriformes	Pseudopimelodidae	<i>Microglanis variegatus</i>	0	0	1	1	1	1, 2
Siluriformes	Hepapteridae	<i>Pimelodella elongata</i>	1	1	1	0	1	1
Siluriformes	Hepapteridae	<i>Pimelodella grisea</i>	1	0	0	0	0	1
Siluriformes	Hepapteridae	<i>Pimelodella modestus</i>	0	1	1	1	0	1
Siluriformes	Hepapteridae	<i>Rhamdia cinerascens</i>	0	1	1	1	1	1
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus arenatus</i>	0	0	1	0	1	1
Gymnotiformes	Sternopygidae	<i>Sternopygus macrurus</i>	1	1	0	0	0	1
Gymnotiformes	Apterontidae	<i>Apterontus rostratus</i>	1	1	0	0	0	1
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Brachyhypopomus palenque</i>	1	1	1	1	1	6
Gymnotiformes	Gymnotidae	<i>Gymnotus esmeraldas</i>	1	1	1	1	1	1, 2
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Pseudopoecilia festae</i>	0	0	1	1	0	1
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	<i>Pseudopoecilia fria</i>	1	1	1	1	0	1, 2
Beloniformes	Belonidae	<i>Strongylura fluviatilis</i>	1	1	1	0	0	1
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Pseudophallus starksii</i>	1	1	1	1	0	1, 2
Synbranchiformes	Synbranchidae	<i>Synbranchus marmoratus</i>	1	1	1	1	0	1
Perciformes	Sciaenidae	<i>Cynoscion albus</i>	1	1	1	0	0	1
Perciformes	Haemulidae	<i>Pomadasys bayanus</i>	1	1	1	0	0	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Andinoacara blombergi</i>	1	1	0	0	1	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Andinocara rivulatus</i>	0	1	1	1	0	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Andinocara sapayensis</i>	1	0	0	0	0	1
Cichliformes	Cichlidae	<i>Mesoheros festae</i>	0	1	1	1	0	1

Orden	Familia	Especie	SC	E	G	C	Endm	Fuen
Cichliformes	Cichlidae	<i>Mesoheros ornatum</i>	1	0	1	0	0	1
Mugiliformes	Mugilidae	<i>Agonostomus monticola</i>	1	1	1	0	0	1
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Awaous transandeanus</i>	1	1	1	0	0	1
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Ctenogobius saggitula</i>	1	1	1	1	0	1
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Evermannia zosterura</i>	1	1	1	0	0	1
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Gobioides peruanus</i>	1	1	1	1	0	1
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Gobionellus microdon</i>	1	1	1	0	0	1
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Sicydium hildebrandi</i>	1	1	0	1	0	1, 2
Gobiiformes	Gobiidae	<i>Sicydium rosenbergii</i>	1	1	0	1	0	1
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Dormitator latifrons</i>	1	1	1	1	0	1, 2
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Eleotris picta</i>	1	1	1	1	0	1, 2
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Gobiomorus maculatus</i>	1	1	1	1	0	1, 2
Gobiiformes	Eleotridae	<i>Hemieleotris latifasciata</i>	1	1	1	0	0	1
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus klunzingeri</i>	1	1	1	0	0	7
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus mazatlanus</i>	1	1	1	0	0	7
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Achirus scutum</i>	1	1	1	0	0	7
Pleuronectiformes	Achiridae	<i>Trinectes fluviatilis</i>	1	1	1	0	0	7

Fuentes:

1. Jiménez-Prado et al. (2015)
2. Villamarín-Cortez et al. (2018)
3. Román-Valencia et al. (2015)
4. Provenzano R. & Barriga-Salazar (2018)
5. Tobes et al. (2020)
6. Crampton et al. (2016)
7. Barriga (2012)

Apéndice 2. El número y porcentaje de especies de peces de agua dulce por orden de la vertiente occidental y oriental del Ecuador. %Occ es el porcentaje de especies por orden en la vertiente occidental. %Orient es el porcentaje de especies por orden en la vertiente oriental. %Diff es la diferencia entre los porcentajes de las dos regiones.

Orden	Occidente	Oriente	%Occ	%Orient	%Diff
Myliobatiformes	0	6	0.0	0.8	-0.8
Osteoglossiformes	0	2	0.0	0.3	-0.3
Clupeiformes	0	5	0.0	0.7	-0.7
Characiformes	39	306	34.5	42.2	-7.7
Siluriformes	41	308	36.3	42.5	-6.2
Gymnotiformes	5	41	4.4	5.7	-1.2
Cyprinodontiformes	2	7	1.8	1.0	0.8
Beloniformes	1	4	0.9	0.6	0.3
Mugiliformes	1	0	0.9	0.0	0.9
Cichliformes	5	34	4.4	4.7	-0.3
Perciformes	2	3	1.8	0.4	1.4
Gobiiformes	11	0	9.7	0.0	9.7
Pleuronectiformes	4	5	3.5	0.7	2.9
Synbranchiformes	1	2	0.9	0.3	0.6
Syngnathiformes	1	0	0.9	0.0	0.9
Batrachoidiformes	0	1	0.0	0.1	-0.1
Tetraodontiformes	0	1	0.0	0.1	-0.1
	113	725	100.0	100.0	

Apéndice 3. El número y porcentaje de especies de peces de agua dulce por familia de la vertiente occidental y oriental del Ecuador. %Occ es el porcentaje de especies por familia en la vertiente occidental. %Orient es el porcentaje de especies por familia en la vertiente oriental. %Diff es la diferencia entre los porcentajes de las dos regiones.

Orden	Familia	Occidente	Oriente	%Occ	%Orient	%Diff
Myliobatiformes	Potamotrygonidae	0	6	0.0	0.8	-0.8
Osteoglossiformes	Osteoglossidae	0	1	0.0	0.1	-0.1
Osteoglossiformes	Arapaimatidae	0	1	0.0	0.1	-0.1
Clupeiformes	Engraulidae	0	3	0.0	0.4	-0.4
Clupeiformes	Pristigasteridae	0	2	0.0	0.3	-0.3
Characiformes	Anostomidae	1	24	0.9	3.3	-2.4
Characiformes	Bryconidae	5	7	4.4	1.0	3.5
Characiformes	Characidae	19	165	16.8	22.8	-5.9
Characiformes	Curimatidae	5	30	4.4	4.1	0.3
Characiformes	Erythrinidae	2	2	1.8	0.3	1.5
Characiformes	Gasteropelecidae	1	7	0.9	1.0	-0.1
Characiformes	Lebiasinidae	3	15	2.7	2.1	0.6
Characiformes	Parodontidae	2	3	1.8	0.4	1.4
Characiformes	Prochilodontidae	1	2	0.9	0.3	0.6
Characiformes	Chilodontidae	0	2	0.0	0.3	-0.3
Characiformes	Crenuchidae	0	12	0.0	1.7	-1.7
Characiformes	Hemiodontidae	0	6	0.0	0.8	-0.8
Characiformes	Alestiidae	0	1	0.0	0.1	-0.1
Characiformes	Serrasalminidae	0	17	0.0	2.3	-2.3
Characiformes	Acestrotrichidae	0	6	0.0	0.8	-0.8
Characiformes	Cynodontidae	0	4	0.0	0.6	-0.6
Characiformes	Ctenoluciidae	0	3	0.0	0.4	-0.4
Siluriformes	Astroblepidae	14	8	12.4	1.1	11.3
Siluriformes	Cetopsidae	4	8	3.5	1.1	2.4
Siluriformes	Hepapteridae	4	22	3.5	3.0	0.5
Siluriformes	Loricariidae	12	95	10.6	13.1	-2.5
Siluriformes	Pseudopimelodidae	3	5	2.7	0.7	2.0
Siluriformes	Trichomycteridae	4	28	3.5	3.9	-0.3
Siluriformes	Aspredinidae	0	14	0.0	1.9	-1.9
Siluriformes	Callichthyidae	0	32	0.0	4.4	-4.4
Siluriformes	Pimelodidae	0	43	0.0	5.9	-5.9
Siluriformes	Doradidae	0	31	0.0	4.3	-4.3
Siluriformes	Auchenipteridae	0	22	0.0	3.0	-3.0
Gymnotiformes	Apterontidae	1	17	0.9	2.3	-1.5
Gymnotiformes	Gymnotidae	1	7	0.9	1.0	-0.1
Gymnotiformes	Hypopomidae	1	5	0.9	0.7	0.2
Gymnotiformes	Sternopygidae	2	8	1.8	1.1	0.7
Gymnotiformes	Rhamphichthyidae	0	4	0.0	0.6	-0.6
Cyprinodontiformes	Poeciliidae	2	0	1.8	0.0	1.8

Orden	Familia	Occidente	Oriente	%Occ	%Orient	%Diff
Cyprinodontiformes	Rivulidae	0	7	0.0	1.0	-1.0
Beloniformes	Belonidae	1	4	0.9	0.6	0.3
Mugiliformes	Mugilidae	1	0	0.9	0.0	0.9
Cichliformes	Cichlidae	5	34	4.4	4.7	-0.3
Perciformes	Haemulidae	1	0	0.9	0.0	0.9
Perciformes	Sciaenidae	1	2	0.9	0.3	0.6
Perciformes	Polycentridae	0	1	0.0	0.1	-0.1
Gobiiformes	Eleotridae	4	0	3.5	0.0	3.5
Gobiiformes	Gobiidae	7	0	6.2	0.0	6.2
Pleuronectiformes	Achiridae	4	5	3.5	0.7	2.9
Synbranchiformes	Synbranchidae	1	2	0.9	0.3	0.6
Syngnathiformes	Syngnathidae	1	0	0.9	0.0	0.9
Batrachoidiformes	Batrachoididae	0	1	0.0	0.1	-0.1
Tetraodontiformes	Tetraodontidae	0	1	0.0	0.1	-0.1
		113	725	100.0	100.0	

Peces en ríos bajos del noroccidente ecuatoriano, un ejemplo de cauces con la presencia de especies invasoras

Pedro Jiménez Prado¹

¹Escuela de Gestión Ambiental, Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. pedro.jimenez@pucese.edu.ec

Resumen

La interpretación de la diversidad biológica puede resultar muy compleja, ya que existe una dinámica basada en el origen y en la diversificación de las especies, así como en los efectos antrópicos, tales como la introducción de especies invasoras, cuya consecuencia es muy difícil de predecir. La competencia entre especies nativas e introducidas no siempre es equitativa ya que las especies invasoras comúnmente cuentan con ventajas adaptativas que le otorgan beneficios ante las especies locales. Este trabajo analiza la variación temporal (2012 y 2017), tanto en composición como en distribución de la ictiofauna a lo largo del río Atacames, noroccidente del Ecuador. En 2012 se registró: 1) la presencia de *Astyanax ruberrimus* que se extinguió localmente para el 2017; y 2) la presencia de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) como única especie introducida a la que se sumó el guppy (*Poecilia gillii*) para el 2017. Se identifica también los efectos de la reciente presencia de *Poecilia gillii* sobre la especie nativa *Pseudopoecilia fria*; mediante un análisis poblacional (distribución longitudinal, parámetros de crecimiento y morfometría): los resultados muestran un desplazamiento de *P. fria* hacia la parte alta del río, un aceleramiento en su crecimiento y por lo tanto una madurez anticipada con la consecuente disminución del tamaño corporal y finalmente un cambio en el alto del cuerpo con deslizamiento posterior de la aleta pectoral. Finalmente, un análisis del estado de bienestar general de las especies que habitan este río: se identifica a *O. niloticus* con el mejor estado y a *P. fria* con el más bajo. Estos resultados destacan la importancia que tiene una gestión apropiada de nuestros recursos bioacuáticos, ante el efecto de las especies introducidas y la acción del hombre; apremia seguir con estudios más detallados para entender mejor las consecuencias de este tipo de impactos



Contenido

1. Introducción	58
2. La diversidad de estos ríos, una lucha entre especies nativas e introducidas	60
3. El ejemplo de las millonarias	63
4. El estado de condición general de las especies	65
5. Consideraciones finales	65
Bibliografía	65

1. Introducción

La región noroccidental de la Costa Ecuatoriana incluye una diversa combinación de cuencas, grandes y pequeñas. De las primeras existe considerable información, tales como la cuenca de los ríos Santiago-Cayapas o la cuenca del Río Esmeraldas; esta última incluye ríos tributarios que recorren desde Quito, la capital del Ecuador (Barriga, 1994, 2012; Aguirre et al., 2019). Esta región tiene altos niveles de endemismo, gracias al aislamiento generado por la formación de los Andes hace millones de años (Eigenmann, 1921; Dodson y Gentry, 1978, 1991). Aunque recientemente han existido esfuerzos por obtener información sobre los peces de agua dulce en esta región (e.g. Jiménez-Prado et al., 2015; Valdiviezo-Rivera et al., 2018), se conoce muy poco sobre la mayoría. Sin embargo, se continúan descubriendo nuevas especies y existen problemas taxonómicos en algunos grupos, aún por resolver, como en los carácidos o en los astroblépidos (Tan y Armbruster, 2012; Román-Valencia et al., 2013; Lujan et al., 2015; Provezano y Barriga, 2017). Se conoce menos sobre la ecología de la mayoría de las especies y menos aún sobre el funcionamiento de las comunidades de peces en relación con sus ecosistemas acuáticos. Además, se trata de una zona que es ampliamente explotada por el ser humano, quien ha provocado transformación de hábitats para la agricultura, la minería, la construcción de ciudades muy pobladas y represas en ríos (Molinero et al., 2019).

En esta región existen cuencas pequeñas, que nacen en altitudes no superiores a los 300 msnm, gracias a la presencia de montañas bajas costeras, que están aisladas y que desembocan directamente al mar, que además son perennes porque responden a patrones climáticos de abundante humedad, precipitación y aporte de aguas subterráneas (Molinero, 2019). La vegetación, en este tipo de cuencas, va desde el bosque tropical siempre verde en la cabecera y en la parte media del cauce hasta el bosque tropical semidecídico en su parte baja (MAE, 2005). Estos ríos son de bajo gradiente (1,0 – 2,3%), que forman un cauce compuesto por grava-arena y tienen una profundidad media que oscila entre 30 a 70 cm durante la estación seca (Jiménez-Prado y Vázquez, 2021).

Los ríos Atacames y Súa, ubicados en la provincia de Esmeraldas, son un ejemplo de este tipo de cauces; son contiguos y presentan altitudes no mayores a los 200 msnm, tienen una extensión del cauce cercana a los 40 km y un área de drenaje con alrededor de los 300 km². Estas cuencas, se caracterizan por la presencia de pastos y cultivos, en un 79,5 %; zona urbana en un 3,2 % y parches de bosque natural intervenido, en un 17,3 % (Molinero, 2019). Durante el verano, que va de julio a diciembre, se presentan precipitaciones esporádicas y escasas (132 mm) y temperatura ambiental promedio de 25,2 °C (mínima = 20,0; máxima = 38,0); mientras que en el invierno las lluvias son esporádicas pero abundantes (459,6 mm) y la temperatura promedio alcanza los 27,1 °C (mínima = 21,0; máxima = 37,0). A lo largo del gradiente altitudinal, estas cuencas pueden ser subdivididas en tres zonas (alta, media y baja), según características geomorfológicas (Montaño, 2018), de orden del río (Strahler, 1957) y de altura sobre el nivel del mar (Figura 1). La zona alta del río se caracteriza por presentar mayor pendiente y altitud (colinas altas con drenaje promedio de 2,65 km²), lo que forma vertientes de agua con corriente moderada, aunque sus cauces son pequeños (orden de río 1 y 2); la zona media del río se caracteriza por tener menor pendiente y altitud (colinas bajas con drenaje promedio de 61,06 km²), lo que forma cauces de agua con corriente moderada y ancho de río moderado (orden de río 3 y 4); la zona baja del río se caracteriza por tener una pendiente y altitud leve (llanura con drenaje promedio de 111,8 km²), lo que forma cauces de agua con poca corriente y ancho de río moderado a grande (orden de río 4 a 6) (Jiménez-Prado y Vázquez, 2021). En mayo del 2010 se inició la construcción de dos represas en el río Atacames y una en el río Súa, las cuales fueron diseñadas originalmente para el control de inundaciones y como sistema de riego. A pesar de que su construcción no ha concluido, originaron represamientos de agua que en el río Atacames y Súa, funcionan como barreras artificiales (con un alto aproximado de tres metros) y actualmente están siendo aprovechadas como grandes “piscinas” para la recreación y el turismo local.

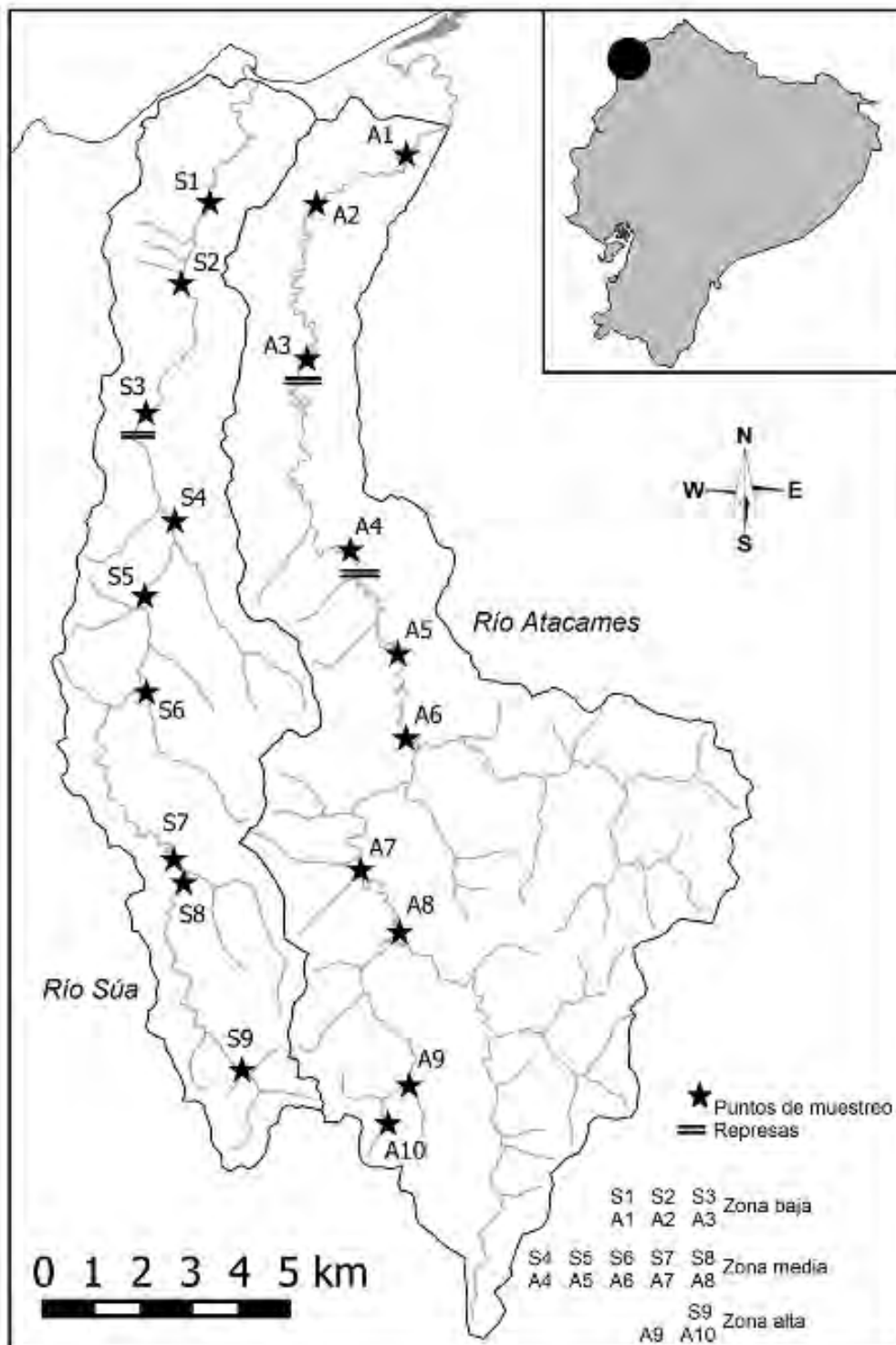


Figura 1. Área de estudio con estaciones de muestreo y separación de zonas de estudio, en los ríos Atacames y Súa de la provincia de Esmeraldas, noroccidente de Ecuador. Tomado de Jiménez-Prado et al., 2020.

Desde el año 2011, investigadores y estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede en la ciudad de Esmeraldas, han realizado estudios ictiológicos en estos ríos, mediante el análisis en una serie de estaciones de muestreo (Figura 1), los resultados que han encontrado son interesantes ya que se ha podido determinar algunos patrones de organización comunitaria a lo largo del tiempo y del espacio; donde además, la presencia de dos especies invasoras, es vuelve determinante en esa dinámica.

2. La diversidad de estos ríos, una lucha entre especies nativas e introducidas

En un estudio que comparó la comunidad de peces, presentes en el río Atacames, para conocer los cambios entre el año 2012 y 2017 (ambos estudios fueron realizados en la misma época del año: enero a junio y en los mismos puntos de muestreo), se encontraron un total de 16 especies y nueve familias (Tabla 1). Como el resultado más preocupante, se destaca la presencia de la sardinita de río, conocida localmente como tacuana (*Astyanax ruberrimus*), que en el primer periodo se registró de forma constante a lo largo del todo el cauce; esta especie tuvo un 21,57 % de la abundancia total de peces en ese año, pero que pasó a estar completamente ausente en el segundo periodo, es decir para el año 2017.

Familia	Especie	Nombre local	2012			2017			Especie
			ZB	ZM	ZA	ZB	ZM	ZA	
Characidae	1 <i>Rhoadsia minor</i>	Gallito	6	38	1	3	338	96	Primaria
	2 <i>Eretmobrycon ecuadorensis</i>	Tacuana	152	171	14	118	292	110	Primaria
Trichomycteridae	3 <i>Astyanax ruberrimus</i>	Tacuana	67	104	11				Primaria
	4 <i>Trichomycterus taenia</i>	Pelche			2			1	Primaria
Gymnotidae	5 <i>Sternopygus macrurus</i>	Cuchillo			1			1	Primaria
Poeciliidae	6 <i>Pseudopoecilia fria</i>	Millonaria	32	82	17		5	120	Primaria
	7 <i>Poecilia gillii</i>	Millonaria				8	439		Primaria
Synbranchidae	8 <i>Symbranchus marmoratus</i>	Culebra			1	1		1	Primaria
Cichlidae	9 <i>Andinoacara blombergi</i>	Vieja	17	33	4	5	67	40	Primaria
	10 <i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia	2			35	14		Primaria
Mugilidae	11 <i>Dajaus monticola</i>	Linguiche					1	3	Secundaria
	12 <i>Dormitator latifrons</i>	Chame	12	4		3			Secundaria
Eleotridae	13 <i>Eleotris pictus</i>	Mongolo	10	7	1	1			Secundaria
	14 <i>Gobiomorus maculatus</i>	Cagua	21	17	1	33			Secundaria
Gobiidae	15 <i>Sicydium rosenbergii</i>	Negríto			5		1		Primaria
	16 <i>Awaous transandeanus</i>	Tibunga	4	2	1		3		Secundaria
Total			323	458	59	207	1160	372	

Tabla 1. Comunidades de peces para el río Atacames, donde se muestran las frecuencias absolutas en las zonas del río para los años 2012 y 2017. ZB = Zona baja; ZM = Zona media; ZA = Zona alta. Tomado de Jiménez-Prado y Vásquez, 2021.

Hay que saber que en este tipo de ríos costeros, existen diferentes grupos de peces, que han sido asociados al hábitat que ocupan o toleran (Myers, 1949): especies primarias cuando son estrictamente de agua dulce, secundarias cuando habitan mayoritariamente estuarios y las marinas, que pueden penetrar al interior de los ríos. Es importante tener en cuenta esta diferencia, ya que puede existir gran variación en la presencia de especies secundarias en el río, debido a que toleran la salinidad, lo cual les permite migrar hacia el mar; por el contrario, las especies primarias no toleran la salinidad y están restringidas al cauce continental de aguas no salinas; las marinas en

cambio penetran a los ríos según su tolerancia pero regresan al mar cuando lo requieran.

La variación en la composición de las especies secundarias es un patrón que puede interpretarse como normal (Figura 2). Las especies secundarias del río Atacames tienen una amplia distribución a lo largo de la costa oriental de la cuenca del Pacífico y la distribución de algunas de ellas: “lisa montañera”, “cachama”, “cagua” y “mongolo” (*Dajaus monticola*, *Dormitator latifrons*, *Eleotris pictus* y *Gobiomorus maculatus*), pueden llegar hasta California (Fricke *et al.*, 2020).

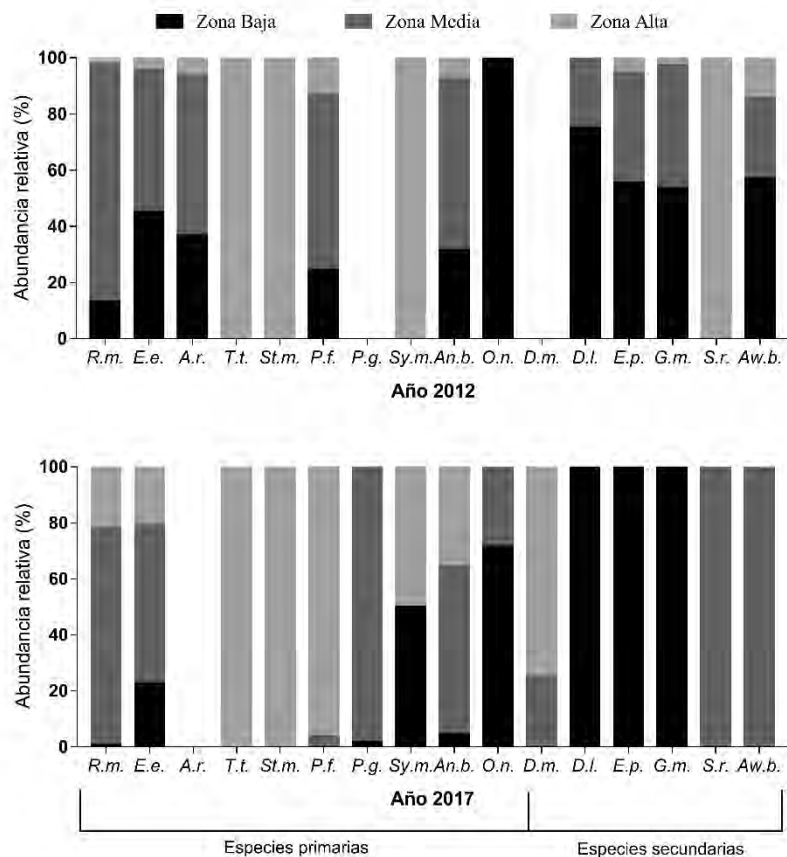


Figura 2. Abundancia relativa de las comunidades de peces en el río Atacames. R.m. = *Rhoadsia minor*; E.e. = *Eretmobycon ecuadorensis*; A.r. = *Astyanax ruberrimus*; T.t. = *Trichomyterus taenia*; St.m. = *Sternopygus macrurus*; P.f. = *Pseudopoecilia fria*; P.g. = *Poecilia gillii*; Sy.m. = *Symbranchus marmoratus*; An.b. = *Andinoacara blombergi*; O.n. = *Oreochromis niloticus*; D.m. = *Dajaus monticola*; D.l. = *Dormitator latifrons*; E.p. = *Eleotris pictus*; G.m. = *Gobiomorus maculatus*; S.r. = *Sicydium rosenbergii*; Aw.t. = *Awaous transandeanus*. Tomado de Jiménez-Prado y Vásquez, 2021.

Pero es diferente en el caso de las especies primarias. Durante el año 2012, se registró la presencia de *A. ruberrimus* y de la “millonaria” (*Pseudopoecilia fria*, aunque es de la misma familia del guppy de los acuarios, se trata de una especie nativa y endémica de la región); a estas dos especies se las podía encontrar a lo largo de todo el cauce. Por otro lado, la tilapia (*Oreochromis niloticus*), especie introducida, se encontraba exclusivamente en la zona baja (Figura 2).

Para el 2017 se registró, además un guppy (*Poecilia gillii*), especie originaria de Centroamérica (Bussing, 1998). Para este mismo año, la especie millonaria nativa, ya se había replegado casi exclusivamente a la parte alta; por otro lado, la tilapia amplió su distribución a la zona media. Se aprecia también un aumento

en la abundancia del “gallito”, la otra tacuana y la “vieja” (*Rhoadsia minor*, *Eretmobycon ecuadorensis* y *Andinoacara blombergi*) en la zona alta, así como una disminución de su presencia en la zona baja (Figura 2).

Los rangos de abundancia confirman los cambios en la composición de las especies (Figura 3). En el 2012 la ictiofauna estaba dominada por *E. ecuadorensis*, siendo *A. ruberrimus* la segunda más abundante y *P. fria* la tercera. Para el 2017, aunque *E. ecuadorensis* siguió dominando, su abundancia relativa fue menor, *A. ruberrimus* no se capturó y se registró otra especie introducida (*P. gillii*) como la segunda más abundante. Para el año 2017 se evidenció además, una fuerte disminución en la abundancia de *P. fria*, que descendió a la cuarta posición.

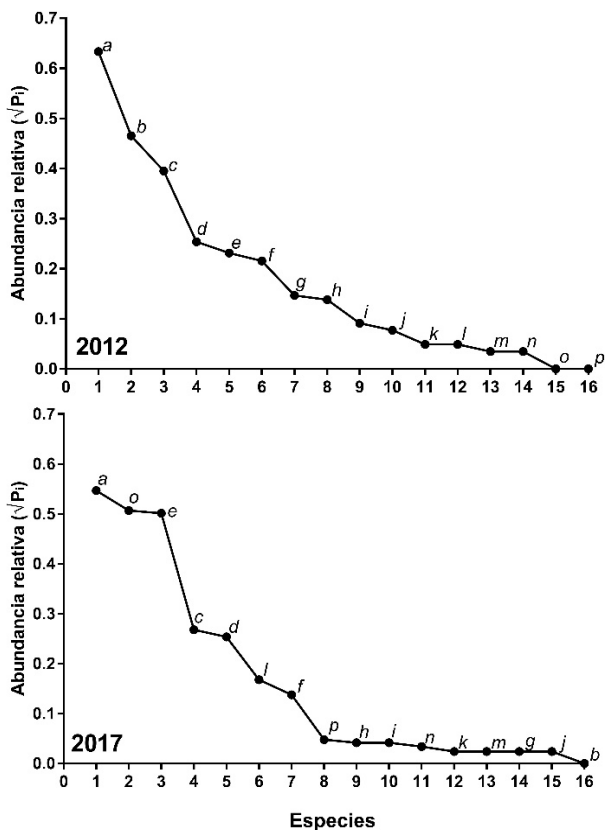


Figura 3. Rangos de abundancia relativa entre muestreos de 2012 y 2017. El eje horizontal corresponde a las especies organizadas desde la más abundante a las ausentes de izquierda a derecha.; a = *Eretmobrycon ecuadorensis*; b = *Astyanax ruberrimus*; c = *Pseudopoecilia fria*; d = *Andinoacara blombergi*; e = *Rhoadsia minor*; f = *Gobiomorus maculatus*; g = *Eleotris pictus*; h = *Dormitator latifrons*; i = *Awaous transandeanus*; j = *Sicydium rosenbergii*; k = *Trichomyterus taenia*; l = *Oreochromis niloticus*; m = *Sternopygus macrurus*; n = *Symbranchus marmoratus*; o = *Poecilia gillii*; p = *Dajaus monticola*. Tomado de Jiménez-Prado y Vásquez, 2021.

Si bien es cierto, la desaparición local de *A. ruberrimus*, para el 2017, es un hecho difícil de exponer sin datos específicos que lo explique, existen factores propios de la biología de cada especie que podrían estar relacionados con procesos de extinción en peces de agua dulce. Uno de estos factores es el corte y/o la modificación del canal en los ríos, que afecta directamente a las especies migratorias, causa aislamiento entre poblaciones y obviamente aumenta el riesgo de su extinción (Shields *et al.*, 1994; Angermeier 1998). Aunque se sabe muy poco sobre la biología de *A. ruberrimus* en estos ríos, si existe la observación de una subienda realizada a mediados del mes de julio del año 2012 (Jiménez-Prado, 2012.

Figura 4), donde ya se evidenció la imposibilidad de que los individuos adultos puedan superar la barrera de la primera represa. Si consideramos estudios realizados en especies afines, donde los periodos reproductivos coinciden con la época de lluvias (Mora *et al.*, 1997; Loaiza-Santana *et al.*, 2018), y cuando las migraciones ascendentes de los individuos adultos son una respuesta a la reproducción (Menezes y Vazzoler, 1992) o a la dispersión de los huevos y larvas (Mazzoni *et al.*, 2004), entonces la combinación de una barrera artificial y la vulnerabilidad intrínseca de la especie, al no poder completar estos procesos biológicos (De la Vega-Salazar *et al.*, 2003), podrían ser algunos de los factores que ha provocado la desaparición de esta especie a nivel local.



Figura 4. Registro de subienda de *Astyanax ruberrimus* en julio de 2012. Tomado de Jiménez-Prado, 2012

Tanto el desconocimiento de las personas que dejan intencionalmente en libertad, a especies ornamentales, como parece ser el origen de *P. gillii*; y por otro lado, las malas prácticas de manejo, por parte de los piscicultores, que han permitido la presencia de *O. niloticus*, son situaciones que en la actualidad obligan la coexistencia de las especies nativas con especies exóticas en estos ríos. Sin embargo, es importante entender que muchas especies introducidas, en un nuevo hábitat, no necesariamente logran establecer una población estable (Williamson y Fitter, 1996), pues su éxito como invasoras depende de superar al menos tres etapas (Deacon y Magurran, 2016): transporte (posibilidad de llegar a un lugar nuevo), establecimiento (capacidad para adaptarse al

nuevo lugar, incluyendo la capacidad reproductiva), y movilización (capacidad de dispersarse a lo largo de nuevas áreas). Es evidente entonces, que en la actualidad, las dos especies introducidas en el río Atacames podrían ya considerarse invasoras, ya que no solo se han establecido sino que también están ampliando su distribución en este cauce y en otros cercanos.

3. El ejemplo de las millonarias

En el año 2016, donde se registra por primera vez la presencia de *P. gillii* en el río Atacames, ya es abundante en la zona media de ese río; mientras que la especie nativa (*Pseudopoecilia fria*) se ha visto desplazada hacia la zona alta. El único lugar en el que se encontró a estas dos especies, conviviendo juntas, fue en un pequeño tramo entre las dos represas, lo que posiblemente represente una barrera de movilidad para ambas especies (en este lugar se encontró una proporción de 27 individuos de la especie introducida versus 8 individuos de la especie nativa). Es importante resaltar, que en el río contiguo del Súa, donde aún está presente solo la especie nativa, su presencia es a lo largo de todo el cauce (Tabla 2), como se registró originalmente para el río Atacames en el estudio del año 2012.

Río	Zona	Medida	<i>Pseudopoecilia fria</i>				<i>Poecilia gillii</i>							
			Media	Mín	Máx	CPUE	<i>d</i>	Media	Mín	Máx	CPUE	<i>d</i>		
Atacames	Alta n = 167	Talla	19,65±3,05	13.9	28.3	27.8	0.46	Alta n = 0	Talla	-	-	-	0.0	0.00
		Peso	0,18±0,1	0.1	0.6				Peso	-	-	-		
	Media n = 8	Talla	20,02±4,38	14.2	26.0	1.3	0.02	Media n = 585	Talla	29,78±6,12	13.6	52.1	97.5	6.50
		Peso	0,2±0,12	0.1	0.4				Peso	0,85±0,56	0.1	4.5		
	Baja n = 0	Talla	-	-	-	0.0	0.00	Baja n = 16	Talla	31,89±10,16	16.0	44.5	2.7	1.17
		Peso	-	-	-				Peso	1,19±0,89	0.1	2.7		
Súa	Alta n = 136	Talla	21,4±2,76	13.9	27.7	22.7	0.38	Alta n = 0	Talla	-	-	-	0.0	0.00
		Peso	0,22±0,1	0.0	0.5				Peso	-	-	-		
	Media n = 39	Talla	21,59±3,23	15.1	29.5	6.5	0.11	Media n = 0	Talla	-	-	-	0.0	0.00
		Peso	0,23±0,11	0.1	0.5				Peso	-	-	-		
	Baja n = 7	Talla	22,2±3,06	17.0	24.9	1.2	0.02	Baja n = 0	Talla	-	-	-	0.0	0.00
		Peso	0,25±0,13	0.1	0.5				Peso	-	-	-		

Tabla 2. Frecuencias con talla y peso para *Poecilia gillii* y *Pseudopoecilia fria* en los ríos Atacames y Súa divididos en tres zonas: Alta, Media y Baja. La Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y la densidad poblacional (*d*) se expresan como promedios globales para cada zona. Tomado de Jiménez-Prado et al., 2020.

Por otro lado, la talla de los peces mostró diferencias, al comparar *P. fria* del Atacames con *P. fria* del Súa, la segunda fue más grande; pero al comparar sus pesos presentaban similitud entre ambas; es decir que las poblaciones que habitaban en el río Atacames tenía menor talla, pero igual peso que las que habitaban en el río Súa. Se hizo entonces un análisis de su desarrollo y crecimiento, se encontró que *P. fria* del Atacames tenía un índice de crecimiento ($0,15 \text{ año}^{-1}$) similar al de *P. gillii* ($0,16 \text{ año}^{-1}$), sin embargo, ambos eran superiores al de *P. fria* del Súa ($0,10 \text{ año}^{-1}$).

También se encontró que *P. fria* del Atacames, llegaba antes que *P. fria* del Súa, al estado de madurez ($L_{m50} = 21,0 \text{ mm}$ Vs. $24,8 \text{ mm}$); entonces se puede entender que el cruce de las líneas de crecimiento de *P. fria*, entre las poblaciones del río Atacames con la del río Súa, se produce cuando al madurar antes la del Atacames, detiene su crecimiento; mientras que la del Súa alcanza su madurez con mayor edad, por lo que logra también un mayor crecimiento (Figura 5).

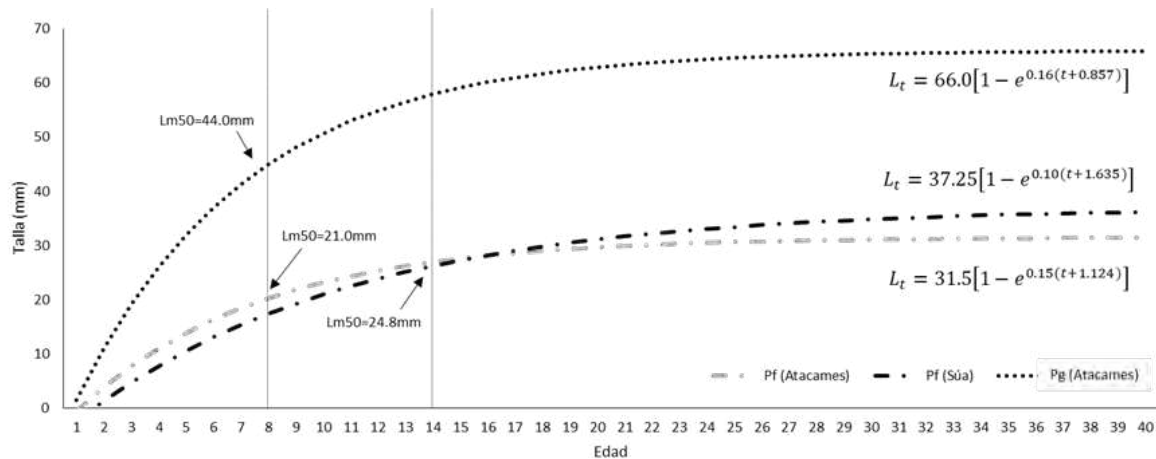


Figura 5. Curvas de crecimiento de *Pseudopoecilia fria* (Pf) y *Poecilia gillii* (Pg) en los ríos Atacames y Súa. Tomado de Jiménez-Prado et al., 2020.

Pero además, al hacer un análisis de la forma del cuerpo, entre las poblaciones de *P. fria* del río Atacames con las del río Súa, las del Atacames tuvieron el cuerpo ligeramente más alto pero no más largo que *P. fria* del Súa, lo que explicaba también la igualdad en peso. No obstante, en general, la posición de las diferentes estructuras del cuerpo se mantenían en el mismo nivel; es decir sin desplazamiento, anterior o posterior; pero si hubo una diferencia en la inserción de la aleta pectoral, *P. fria* del Atacames la tenía notoriamente por detrás de la inserción de la aleta pectoral de *P. fria* del Súa (Figura 6).

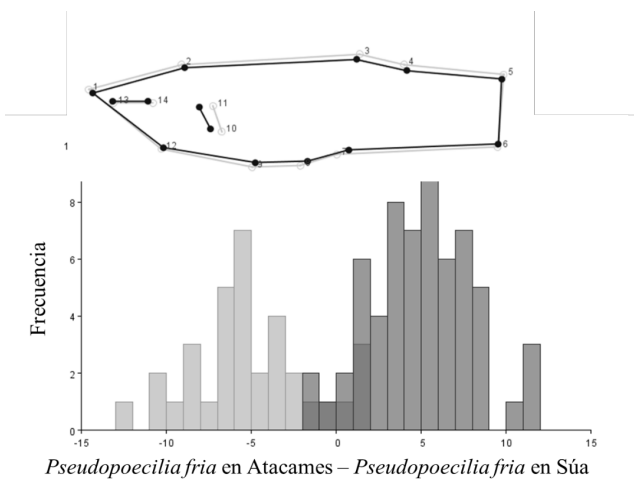


Figura 6. Análisis discriminante de la forma del cuerpo de *Pseudopoecilia fria* entre los ríos Atacames y Súa. Tomado de Jiménez-Prado et al., 2020.

En términos generales, las aletas pares se ocupan de la producción de fuerzas verticales y por lo tanto afectan principalmente el equilibrio,

particularmente en el ascenso y descenso (Harris, 1938). Se ha demostrado que estas aletas pueden servir de freno, produciendo un levantamiento así como una fuerza de arrastre, la neutralización de esta fuerza de elevación por una fuerza hacia abajo producida por las aletas pélvicas requiere la migración hacia delante de esta última, si esta migración no tuvo lugar, los peces se inclinarían hacia arriba o subirían durante la parada (Lauder y Drucker, 2004); es decir, que la migración de la aleta pectoral en *P. fria* de Atacames, (considerando que la posición de las aletas pélvicas se mantiene en la misma posición en ambas poblaciones), podría tener relación con una adaptación que favorezca la elevación, es decir los saltos. Soares y Bierman (2013) ya reportaron, para el caso de *P. reticulata*, la capacidad de saltar fuera del agua, que se repite localmente también en el caso de *P. fria*; Deacon y Magurran (2016) afirman que este tipo de saltos, más que una estrategia para evitar depredadores o capturar presas, posiblemente es un rasgo desarrollado para ayudar a la dispersión, es decir, un instinto que le facilita colonizar o encontrar nuevos cuerpos de agua; en este caso, tal vez facilitando el acceso a zonas altas del río a quienes poseían este fenotipo. Por otro lado, se ha documentado también el uso extensivo de las aletas pectorales como dispositivos primarios de locomoción y velocidad (Lauder y Madden, 2006), por lo que además el posicionamiento posterior de ésta aleta podría estar relacionado con una mejora en la movilidad y en la velocidad, ante la posible presión ejercida, como en este caso, por la aparición de una nueva especie.

4. El estado de condición general de las especies

Mediante una relación entre la talla y el peso de cada organismo, se puede establecer un “estado de bienestar” de la población (Froese, 2006; Chandran et al., 2020); en estos análisis se aplicó una modificación del factor de condición tradicional, conocido como estado de condición de Fulton, que permite comparar entre especies (Froese, 2006). Aunque no se registra ninguna población con problemas serios, si se evidencia diferencias entre especies, las especies *O. niloticus* (especie introducida) y *A. blomergeri* presentan el mejor estado de condición, seguido de *R. minor* y *P. gillii* (especie introducida); pero quienes presentan el estado de condición más bajo son *E. ecuadorensis* y al último *P. fria* (Figura 7).

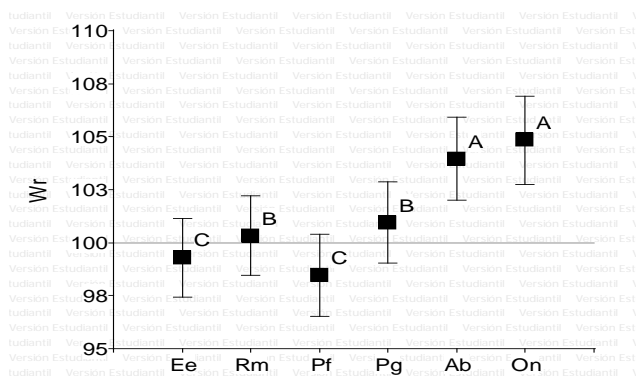


Figura 7. Estado de condición de las especies. Ee = *Eretmobyron ecuadorensis*; Rm = *Rhoadsia minor*; Pf = *Pseudopoecilia fria*; Pg = *Poecilia gillii*; Ab = *Andinoacara blomergeri*; On = *Oreochromis niloticus*.

5. Consideraciones finales

Lo encontrado en este tipo de ríos bajos de la costa, evidencia no solo la llegada, sino sobre todo el establecimiento y la movilización de poblaciones de peces introducidos. La plasticidad biológica, sumada a una plasticidad comportamental, permite ajustes inmediatos en la respuesta a nuevas circunstancias (Deacon, y Magurran, 2016), lo cual es una característica de las especies eurioicas (amplia resistencia a factores ambientales), como muchas de aquellas que son introducidas y que terminan siendo invasoras (Barquero-González et al., 2018). La presencia de especies invasoras en este tipo de ríos podría además generar cambios ecosistémicos que a futuro se expresarían en forma de cambio en los flujos biogeoquímicos, en la estructura trófica, en la estructura del hábitat (García-Berthou et al., 2015) y/o en fuertes modificaciones de los ciclos de nutrientes, por ejemplo, nitrógeno o fósforo (Eby et al., 2006). Por tanto, la identificación temprana de los cambios, que la presencia de especies invasoras está generando en las especies locales, es de gran importancia para evitar que algún momento la pérdida de biodiversidad y la homogenización biótica (Olden et al., 2011) sea común en estos ambientes tropicales únicos. Más allá de cualquier discusión, es importante entender que la mejor solución a los problemas en este sentido, siempre será trabajar agresivamente para reducir la tasa de llegada de las especies que puedan lograr ser invasoras.

Bibliografía

- Aguirre, W.E., Young, A., Navarrete-Amaya, R., Valdiviezo-Rivera, J., Jiménez-Prado, P., Cucalón-Tamayo, R., Shervette, V. (2019). Vertebral number covaries with body form and elevation along the Western Slopes of the Ecuadorian Andes in the Neotropical fish genus *Rhoadsia* (Teleostei: Characidae). *Biological Journal of the Linnean Society*, 126, 706-720.
- Angermeier PL, Winston MR. (1998). Local vs. Regional influences on local diversity in stream fish communities of Virginia. *Ecology*. 79:911-927.
- Barquero-González, J., Mora-Vargas, J. Valerio-Vargas J. y Ulloa-Rojas J. (2018). Diversidad de la ictiofauna de la laguna Hule, Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10(1), 214-220.
- Barriga, R. (1994). Peces del Noroeste del Ecuador. *Revista Politécnica*, 19, 43-154.

- Barriga, R. (2012). Lista de peces de agua dulce e intermareales del Ecuador. *Revista Politécnica*, 30, 83-119.
- Bussing, W. (1998). *Peces de las aguas continentales de Costa Rica (Freshwater fishes of Costa Rica)*. 2nd Ed. San José Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Chandran R., R. Singh¹, A. Singh, P. Paul, R. Shankar, R. Kumar, V. Mohindra, K. Lal Y J.K. Jena. (2020). Spatio-temporal variations in length-weight relationship and condition factor of two notopterids, *Chitala chitala* (Hamilton, 1822) and *Notopterus notopterus* (Pallas, 1769) *Indian J. Fish.*, 67(2): 120-124.
- De la Vega-Salazar MY, Ávila-Luna E y Macías-García C. (2003). Ecological evaluation of local extinction: the case of two genera of endemic Mexican fish, *Zoogoneticus* and *Skiffia*. *Biodivers Conserv.* 12:2043-2056.
- Deacon A, Magurran AE. (2016). How behaviour contributes to the success of an invasive Poeciliid Fish: The Trinidadian Guppy (*Poecilia reticulata*) as a model species. In: Weis, J. S. y Sol, D. (eds) *Biological invasions and animal behavior*. Cambridge: University Press. p.266-290.
- Dodson, C. H., y Gentry, A.H. (1991). Biological Extinction in Western Ecuador. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 78, 273-295.
- Dodson, C.H., y Gentry, A.H. (1978). Flora of the Rio Palenque Science Center, Selbyana. *The Journal of the Marie Selby Botanical Gardens*, 4, 1-628.
- Eby, L. A., Roach, W. J., Crowder, L. B. y Stanford, J. A. (2006). Effects of stocking-up freshwater food webs. *Trends in Ecology and Evolution* 21, 576–584.
- Eigenmann, C.H. (1921). The nature and origin of the fishes of the Pacific slope of Ecuador, Peru and Chili. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 51, 503-523.
- Fricke R., Eschmeyer, W. N. y Van der Laan, R. (eds). *Eschmeyer's Catalog of Fishes: genera, species, references*. 2020. Disponible en: <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp> Citado: 30 Abr 2020.
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.*, 241-253
- García-Berthou, E., Almeida, D., Benejam, L., Magellan, K., Bae M. J., Casals, F., y Merciai, R. (2015). Impacto ecológico de los peces continentales introducidos en la península ibérica. *Ecosistemas*, 24, 36-42.
- Harris, J. E. (1938). The role of the fins in the equilibrium of the swimming fish. II. The role of the pelvic fins. *Journal of Experimental Biology*, 15: 32-47.
- Jiménez-Prado P. (2012). Contaminación del río Atacames y su impacto en la comunidad de peces. *Anuario de Investigación y Desarrollo*. Centro de Investigación y Desarrollo de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas. 14-27.
- Jiménez-Prado, P., Aguirre, W., Laaz-Moncayo, E., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Rebolledo-Monsalve, E., ... Valdiviezo-Rivera, J. (2015). *Guía de Peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador*. Esmeraldas, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas (PUCESE); Universidad del Azuay (UDA) y Museo Ecuatoriano de Ciencias Naturales (MECN) del Instituto de Biodiversidad.

- Lauder, G. V. y Madden, P. (2006). Learning from fish: kinematics and experimental hydrodynamics for roboticists. *International Journal of Automation and Computing*, 4, 325-335.
- Loaiza-Santana A, Londoño-Velásquez J, Jiménez-Segura F. (2018). Fecundidad de las especies de peces más abundantes en el área de influencia de los embalses en cascada Porce II y Porce III, Antioquia, Colombia. *Actual Biol.* 40(108):38-45.
- Lujan, N.K., Meza-Vargas, V., y Barriga-Salazar, R. (2015). Two New Chaetostoma Group (Loricariidae: Hypostominae) Sister Genera from Opposite Sides of the Andes Mountains in Ecuador, with the Description of One New Species. *Copeia*, 103, 651-663.
- MAE. (2005). Plan de manejo y gestión participativa de la Reserva Ecológica Mache-Chindul. Ministerio del Medio Ambiente, Quito.
- Mazzoni R, Schubart SA, Iglesias-Ríos R. (2004). Longitudinal segregation of *Astyanax jantoni* in Río Ubatiba: a Neotropical stream of south-east Brazil. *Ecol Freshwater Fish.* 13:231-234.
- Menezes NA, Vazzoler AE. (2012). Reproductive Characteristics of Characiformes. In: Hamlett W.C. (eds) *Reproductive Biology of South American Vertebrates*. Springer, New York, NY.
- Meyer, A., Salzburger, W. y Scharl, M. (2006). Hybrid origin of a swordtail species (Teleostei: *Xiphophorus clemenciae*) driven by sexual selection. *Molecular Ecology*, 15(3), 721-30.
- Molinero, J. (2019). Seasonality and composition of benthic coarse particulate organic matter in two coastal tropical streams with different land uses. *Hydrobiologia* 838: 29–43
- Molinero J., Barrado, M., Guijarro, M., Ortiz, M., Carnicer, O. y Zuazagoitia, D. (2019). The Teaone River: a snapshot of a tropical river from the coastal region of Ecuador. *Limnetica*, 38(2): 587-605.
- Montaño, H. (2018). Comparación de características geomorfológicas de las cuencas del río Atacames y Súa. Tesis de Grado. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.
- Mora JM, Cabrera P, Alvarado-Bogantes W. (1997). Crecimiento y maduración sexual de *Astyanax fasciatus* (Pisces: Characidae) en el embalse Arenal, Guanacaste, Costa Rica. *Rev Biol Trop.* 45:855–859.
- Olden, J. D., Lockwood, J. L. y Parr, C. L. (2011). Biological invasions and the homogenization of faunas and floras. In: Ladle, R. J., Whittaker, R. J. (Editors). *Conservation biogeography*. Oxford: Blackwell Publishing Ltd.
- Provezano R., y Barriga, R. (2017). The species of *Hemiancistrus* (Siluriformes: Loricariidae) from Ecuador. *Zootaxa*, 4272, 221-235.
- Shields FD, Knight S, Cooper CM. (1994). Effects of channel incision on base flow stream habitats and fishes. *Environ Manage.* 18:43-57.
- Soares, D. y Bierman, H. S. (2013). Aerial jumping in the Trinidadian guppy (*Poecilia reticulata*). *PLoS ONE*, 8, e61617.
- Strahler, A.N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Trans Am Geophys Union*, 38, 913-920.
- Tan, M., y Armbruster, J.W. (2012). *Cordylancistrus santarosensis* (Siluriformes: Loricariidae), a new species with unique snout deplation from the Río Santa Rosa, Ecuador. *Zootaxa*, 3243, 52-58.

Valdiviezo-Rivera, J., Garzón-Santomaro, C., Inclán-Luna, D., Mena-Jaén, J., y González-Romero, D. (Eds.). (2018). Ecosistemas dulciacuícolas de la provincia de El Oro: Peces y macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos del páramo al manglar (Publicación Miscelánea No 10). Quito-Ecuador: Serie de Publicaciones Gobierno Autónomo Decentralizado Provincial de El Oro, GADPEO - Instituto Nacional de Biodiversidad, INABIO.

Williamson MH, Fitter A. (1996). The varying success of invaders. *Ecology*. 77:1661-1666.

Las formas de los esqueletos óseos de peces pelágicos y demersales de importancia comercial en Ecuador

Ávila-Tumbaco Alex¹, Loor-Andrade Peggy¹, Pincay-Espinoza Jonathan², Rosas-Luis Rigoberto^{3,4}

¹Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta 130802, Ecuador. alexfernando_9108@hotmail.com; peggysue.loor@gmail.com

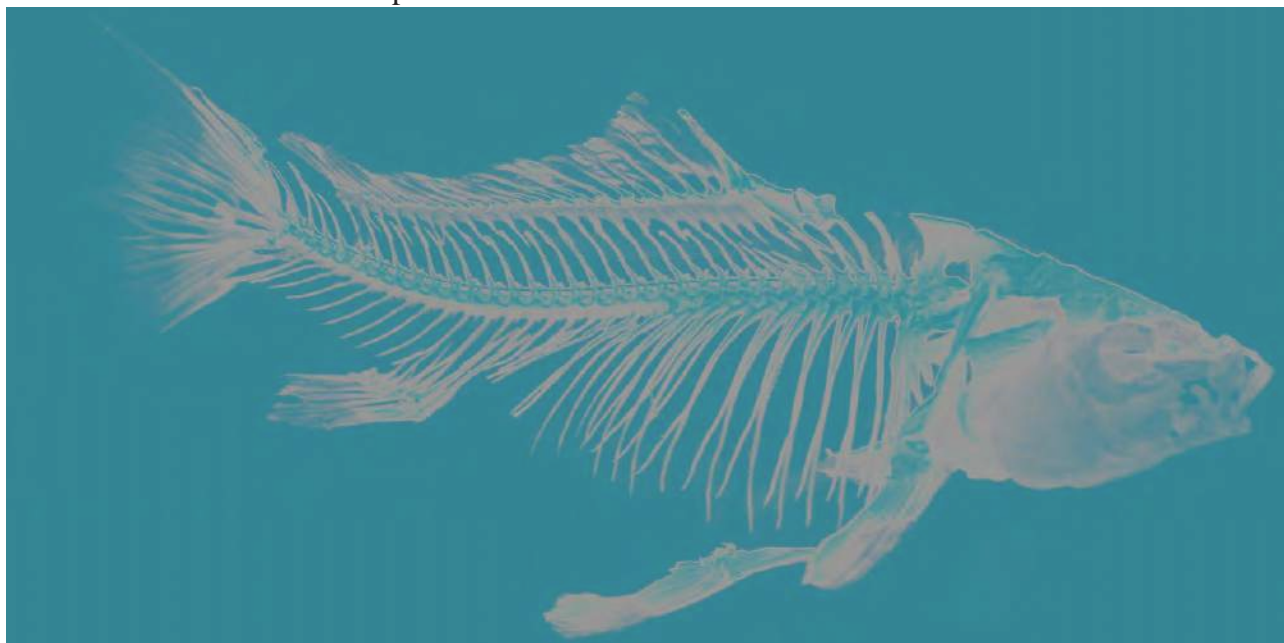
²Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Viceministerio de Acuicultura y Pesca, Puerto Pesquero Artesanal de San Mateo, Manta, Manabí, Ecuador. jona.eduar@hotmail.com

³Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013. riroluis@yahoo.com.mx

⁴Cátedras CONACyT-Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013.

Resumen

El estudio del sistema óseo en peces se ha desarrollado con la finalidad de conocer la estructura y función de cada componente, sin embargo, la aplicación de sus resultados también beneficia a otras áreas de la investigación; en este sentido, el estudio de la ecología trófica de depredadores marinos, ha tomado estos resultados para identificar especies presa y lograr el entendimiento de las redes tróficas. Este trabajo contiene información relacionada al estudio del sistema óseo de peces con importancia comercial en Ecuador; con el uso de fotografías que revelan las características cualitativas (detección de diferencias en formas y estructuras óseas claves en el esqueleto) y cuantitativas del endoesqueleto (conteo de vértebras), para distinguir a cada especie logrando una identificación eficaz en el análisis del contenido estomacal de depredadores.



Contenido

Introducción	71
1. Métodos para el estudio de estructuras óseas en peces.....	71
1.1. Limpieza de esqueletos	71
1.2. Rotulación y digitalización de esqueletos	72
1.3. Mantenimiento y conservación de los esqueletos	72
2. Descripción de las características osteológicas.....	72
2.1. Esqueleto	72
2.2. Vértebras	73
3. Agrupamiento de especies de acuerdo con las características cualitativas del esqueleto	73
3.1. Forma redondeada	74
3.2. Formas alargadas y delgadas	76
3.3. Formas altas y poco anchas.....	81
4. Especies con estructuras óseas claves.....	87
5. Especies de relevancia en el ecosistema, sin importancia comercial e incidentales en las capturas	91
6. Recomendaciones generales	96
Bibliografía	96

Introducción

Los peces óseos son un grupo de organismos que se caracterizan por contener un sistema óseo interno que le da soporte a la masa muscular, además de presentar escamas delgadas y flexibles traslapadas para cubrir el tejido muscular, agallas cubiertas por un opérculo, y obviamente aletas; si un organismo cumple con el conjunto de estas características se clasifica dentro de la clase Osteichthyes (peces óseos) (Allen et al. 2006; Jiménez-Prado et al. 2015). Este grupo contiene al mayor número de especies de vertebrados, con más de 34 000 descritas, las cuales habitan casi todos los ambientes acuáticos (Nelson et al. 2016).

Las características externas han permitido evidenciar diferencias entre especies de peces, estructuras como la línea lateral, tipo y forma de las aletas, tipo y forma de las mandíbulas, tamaño de los ojos, forma del cuerpo, etc.; todas ellas han sido utilizadas por biólogos y taxónomos para la identificación de estos organismos. Las características propias del sistema óseo resultan muy adecuadas para identificar organismos, incluso en individuos que se encuentran en estados avanzados de descomposición (Rosas-Luis et al. 2016a); por ejemplo, en estudios de ecología trófica, los restos de la comida consumida por tiburones y grandes depredadores óseos están compuestos de esqueletos de peces, estas estructuras óseas son la base de la identificación de presas, y su aplicación ha sido muy extendida para estudios en ecosistemas marinos (Abitía-Cárdenas et al. 2010; Galván-Magaña et al. 2013; Rosas-Luis et al. 2016a, 2016b; Loor-Andrade et al. 2017a, 2017b; Rosas-Luis et al. 2017).

Debido a que las estructuras óseas son de utilidad para la identificación de peces en los estudios de ecología trófica, el presente trabajo tuvo como principal objetivo generar información sobre características óseas de peces de valor comercial y de importancia en las redes tróficas, de las aguas del Pacífico ecuatoriano. La información contenida está referida a la forma que adquiere el esqueleto, la longitud, y la presencia de

estructuras únicas que permiten la diferenciación de los sistemas óseos y de sus especies. Para esto se ha generado y preparado una colección de esqueletos, cuya información fue obtenida dentro del proyecto de investigación “*Ecología trófica de los pelágicos mayores en el Pacífico ecuatoriano*” ejecutado en la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí durante los años 2014 y 2015.

1. Métodos para el estudio de estructuras óseas en peces

1.1. Limpieza de esqueletos

La observación eficaz de estructuras óseas que permitan identificar especies de peces, depende de la limpieza e instrumentos empleados en su proceso. A continuación, se presenta el procedimiento empleado en este estudio:

1. Eliminación gruesa de tegumento (piel), tejido muscular y cualquier resto blando, sumergiendo al pez en agua hirviendo, alrededor de 10 a 30 minutos, dependiendo del tamaño del organismo y la cantidad del tejido blando existente. Para peces pequeños, menores a 20 cm, se puede dejar el cuerpo en agua hirviendo por cinco minutos o menos.
2. Eliminación media de materia orgánica ceñida al hueso, a través de baño en solución de cloro y agua al 50%. Se sumerge el esqueleto por alrededor de 10 a 15 minutos (el tiempo va a depender de la fragilidad del esqueleto ya que hay especímenes cuyas estructuras óseas son muy finas y tienden a quebrarse o deshacerse).
3. Eliminación fina de tejido incrustado, con el uso de pinzas y cepillo de dientes; se remueve minuciosamente todo el tejido o músculo que la solución de cloro no desprendió. Para estructuras en las que el tejido muscular se encuentra firmemente sujeto al hueso, se sumergen nuevamente en la solución de cloro por el tiempo necesario.

4. Enjuague de las estructuras; como último paso se procede a lavar las muestras con abundante agua y se dejan secar en recipientes de plástico o charolas.

1.2 Rotulación y digitalización de esqueletos

La información relacionada con la especie: sitio de colecta y datos importantes para cada estructura, debe ser colocado en una etiqueta y unido a la especie y/o a la estructura. Para facilitar su identificación, se sugiere utilizar un código de rotulación, ingresándolo a una base de datos digital, que incluya información como: número de vértebras, número para la posición de la espina hemal, número para la posición del arco hemal y número de especímenes utilizados en el conteo de las estructuras óseas; finalmente proceder a tomar las fotografías correspondientes a esos diferentes ítems.

Para obtener fotos apropiadas y útiles en el uso de publicaciones, es recomendable que los esqueletos se fotografíen con una escala de medida, que puede ser en centímetros, sobre una cartulina de fondo oscuro. Luego de tomadas las fotografías, se pueden proceder a editar las imágenes, usando el programa apropiado para este efecto.

1.3. Mantenimiento y conservación de los esqueletos

Los esqueletos completamente limpios se los mantiene en bolsas de plástico, siempre etiquetadas con la información correspondiente, organizadas según su taxonomía: Orden, Familia, Género y Especie. Una colección de esqueletos se debe mantener en un espacio libre de humedad y haciendo revisiones constantes de estado de las estructuras, para evitar la contaminación y proliferación de hongos o bacterias que puedan degradarlos.

2. Descripción de las características osteológicas

2.1. Esqueleto

Las características del esqueleto de los peces, ayudan a explicar la impresionante y rápida radiación adaptativa de estos organismos; y a la vez, permite su utilización práctica en todos los hábitats acuáticos (Hodgson et al. 2006). El esqueleto axial de los peces está compuesto por la columna vertebral, que a su vez está integrada por vértebras (Figura 1). El número de vértebras, que componen la columna vertebral, es variado en cada especie, y una de sus principales características estructurales son las espinas; la columna vertebral se extiende desde la base del cráneo hasta la aleta caudal (Koumoundouros et al. 1997, 1999, 2001a, 2001b).

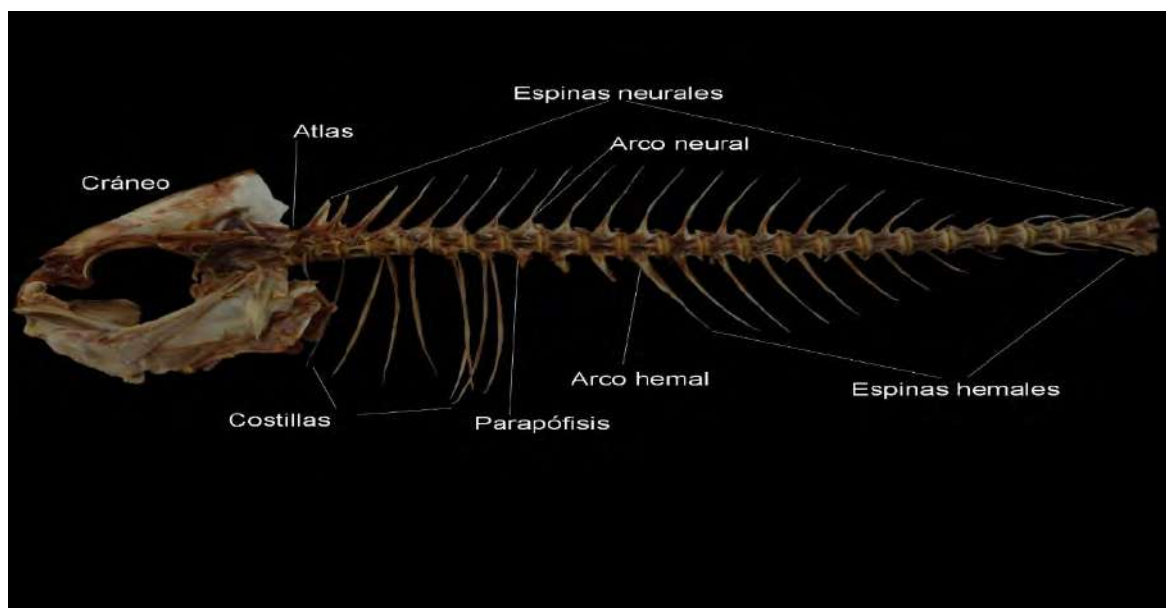


Figura 1. Componentes del esqueleto óseo de un pez, *Seriola rivoliana* (imagen tomada de Rosas-Luis et al. 2015).

2.2. Vértebras

El atlas es la primera vértebra del esqueleto axial, después se dividen en dos grupos de vértebras: el primero está formado por las vértebras abdominales y el segundo por las vértebras caudales, al final se encuentra el urostilo (Koumoundouros et al. 1999). La aleta caudal más abundante en los peces es la de tipo homocerca, en la que ambos lóbulos son simétricos y dan anclaje a los radios, en ellas la penúltima y última vértebra se modifican, para formar bandas planas óseas hipurales y epurales (Koumoundouros et al. 2001a; Barrera-García, 2008).

Las vértebras con sus espinas y radios, sirven de estructura para dar soporte y anclaje a los músculos. Las vértebras abdominales (Figura 2) están compuestas de un cuerpo óseo, que en la porción ventral presenta un par de parapófisis y un par de costillas; algunas especies, como las del género *Auxis*, pueden presentar costillas laterales, en cuya porción superior se encuentra el canal neural, el arco y la espina neural. Las vértebras caudales, en una porción ventral, presentan el arco y la espina hemal, mientras que en la porción superior se encuentra al arco y la espina neural.

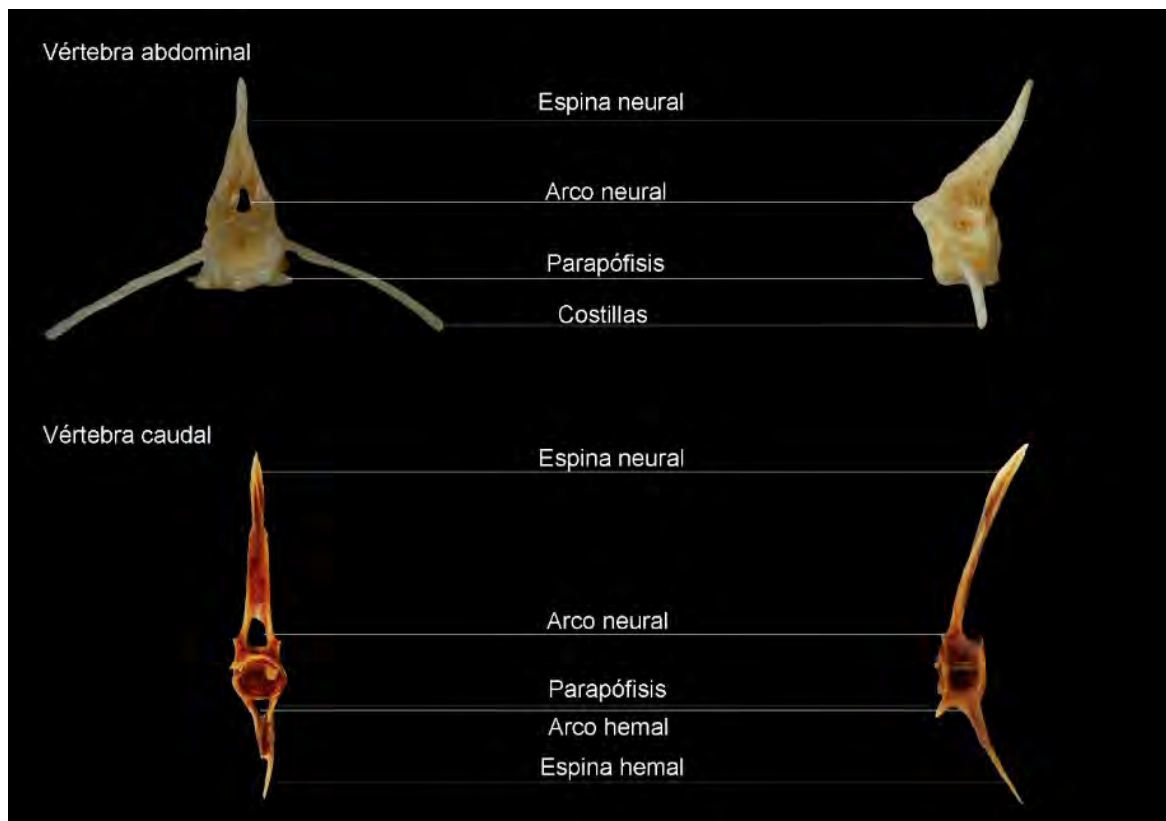


Figura 2. Vértebra abdominal y vértebra caudal (imagen tomada de Rosas-Luis et al. 2015).

3. Agrupamiento de especies de acuerdo con las características cualitativas del esqueleto

El arreglo y posición de las estructuras óseas en los peces puede ser diverso y nos permite clasificar a las especies. Las hay con forma redondeada, similar a un plato; de forma alargada como espadas; cuadrangular, simulando cofres; entre otras. Se presentan, a continuación,

características de los esqueletos de peces capturados en Ecuador y organizados en grupos de acuerdo con su forma. La información de la distribución, biología, localidad de colecta en Ecuador, y estructuras clave es presentada con la finalidad de que el lector pueda identificar correctamente a cada especie.

Las imágenes e información presentada en este trabajo, se recopiló y reorganizó de los siguientes trabajos: Rosas-Luis et al. (2015), en el “*Manual para la identificación de peces óseos marino-costeros del Pacífico ecuatoriano basado en esqueletos axiales*”; además de la consulta de las claves de identificación de la publicación “*Peces marinos del Ecuador continental*” de Jiménez-Prado y Béarez (2004); la “*Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. Vol. 2 y 3. Vertebrados-Parte 1*” de Fisher et al. (1995a, 1995b); la publicación “*Incidencia de tiburones, rayas, aves, tortugas y mamíferos marinos en la pesquería artesanal con enmalle de superficie en la caleta pesquera de Santa Rosa*” de Coello et al. (2010); y el libro “*Fishes of the World*” de Nelson et al. (2016).

3.1. Forma redondeada

Familia Achiridae

Achirus klunzingeri (Figura 3)

- Distribución: Desde Costa Rica hasta Perú.
- Biología: Se puede encontrar sobre sustratos de arena y barro en aguas someras.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna compuesta por 29 vértebras; vértebras caudales con espinas neurales y hemales simétricas, finas y alargadas.

Familia Bothidae

Bothus leopardinus (Figura 3)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta el norte de Perú.
- Biología: Especie bentónica, habita fondos blandos, rocosos y de conchilla entre los 1 y 121 m de profundidad.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 36 vértebras, arco hemal y espina hemal localizadas en la vértebra 11; espinas neurales y hemales largas, delgadas y débiles, simétricas en la zona caudal.

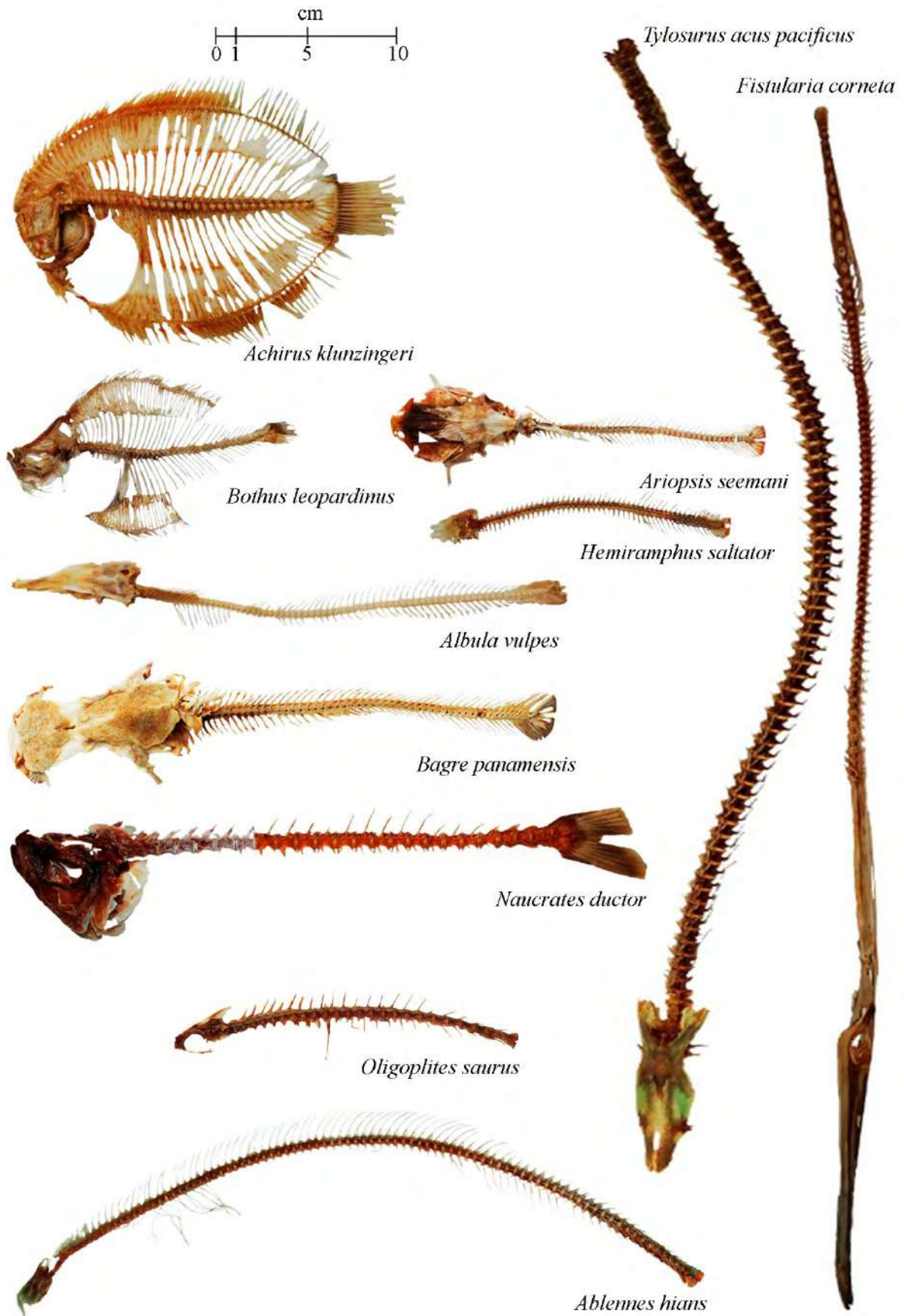


Figura 3. Estructura ósea de peces con forma redondeada y alargada plana.

3.2. Formas alargadas y delgadas

Familia Albulidae

Albula vulpes (Figura 3)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Perú.
- Biología: Especie de aguas costeras someras (generalmente hasta unos 15 m de profundidad) asociada con fondos de arena y fango.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: columna vertebral compuesta por 72 vértebras, arco hemal localizado en la vértebra 45-46 y la espina hemal en la vértebra 66; espinas hemales se bifurcan formando una “Y” en su porción final.

Familia Ariidae

Ariopsis seemani (Figura 3)

- Distribución: Desde México hasta Perú.
- Biología: Esta especie demersal es común en las aguas costeras y también entra a estuarios.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 46 a 47 vértebras, arco hemal se localiza en la vértebra 12-13 y la espina hemal en la vértebra 19.

Bagre panamensis (Figura 3)

- Distribución: Desde el sur de California hasta Perú.
- Biología: Especie demersal de aguas costeras.

- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 51 a 52 vértebras, arco hemal se localiza en la vértebra 11-12 y la espina hemal en la vértebra 18; espacio entre espinas neurales y hemales disminuye hacia las vértebras caudales, eliminándose en las 5-4 vértebras.

Familia Belonidae

Ablennes hians (Figura 3)

- Distribución: Desde México hasta Perú.
- Biología: Habita principalmente en aguas superficiales mar afuera; sus incursiones en aguas someras parecen ser más frecuentes en torno a las islas que frente a la costa continental; carnívoro, se alimenta principalmente de pequeños peces.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 87-95 vértebras, arco hemal se localiza en la vértebra 71-58 y la espina hemal en la vértebra 58-71; primeras vértebras fuertemente unidas y de coloración azul-verde, con desarrollo de las apófisis espinosas en forma de placas.

Tylosurus acus pacificus (Figura 3)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Cabo Blanco, Perú incluyendo las Islas Galápagos.
- Biología: Especie pelágica que vive generalmente en guas afuera, a mayor distancia que *T. crocodilus*; puede penetrar en aguas costeras.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral

compuesta por 77 vértebras. Vértebras fuertes y rígidas ligeramente más altas que anchas, con desarrollo de las apófisis ventrales formando pequeños bordes.

Familia Carangidae

Naucrates ductor (Figura 3)

- Distribución: Desde la Isla Vancouver (Columbia Británica, Canadá) a las Islas Galápagos.
- Biología: Especie principalmente pelágica de aguas oceánicas; mantiene una relación de comensal semi-obligado con grandes tiburones, rayas y otros peces, tortugas, embarcaciones o leños flotantes.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 7; primeras tres vértebras con espinas pequeñas y fuertes en forma de triángulo; espinas neurales delgadas y rígidas, son diminutas en las últimas vértebras caudales.

Oligoplites saurus (Figura 3)

- Distribución: Desde Baja California, México hasta Ecuador.
- Biología: Especie demersal costera, tolera salinidades bajas y puede penetrar temporalmente en aguas dulces; se alimenta de peces, plantas, y de crustáceos.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 26 vértebras, arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; espinas neurales cortas y rígidas en las primeras tres vértebras, una espina hemal larga rígida y fuerte al inicio de la sección caudal.

Familia Fistulariidae

Fistularia corneta (Figura 3)

- Distribución: Desde el Golfo de California y la costa occidental de Baja California, México hasta Perú, incluyendo varias islas.
- Biología: Los adultos se encuentran a profundidades superiores a 30 m, a lo largo de los márgenes continentales e insulares, sobre sustratos rocosos; se alimenta de pequeños peces.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 71 vértebras, arco hemal se localiza en la vértebra 45-46 y la espina hemal en la vértebra 45-46; primera vértebra modificada y alargada casi como el tamaño del cráneo; las vértebras abdominales más altas que anchas, con espinas cortas y semirrígidas.

Familia Gempylidae

Lepidocybium flavobrunneum (Figura 4)

- Distribución: Desde California hasta Ecuador.
- Biología: Meso o batipelágico, oceánico hasta 200 m o más de profundidad; se alimenta de crustáceos y cefalópodos.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 31 vértebras; vértebras ligeramente más largas que anchas y con espinas neurales cortas, espinas completamente paralelas a la vértebra en el pedúnculo caudal.

Ruvettus pretiosus (Figura 4)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Perú.

- **Biología:** Especie bentopelágica que vive principalmente sobre la plataforma continental, a veces en aguas oceánicas por debajo de los 200 m de profundidad, aunque existen registros hasta 800 m de profundidad; su alimentación se basa en peces, cefalópodos y crustáceos.
- **Localidad de colecta:** Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- **Estructuras clave:** Columna vertebral compuesta por 30 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localiza en la vértebra 27; primeras vértebras sin espinas; espinas neurales cortas, semirrígidas y horizontales en las vértebras abdominales; espinas hemales diminutas en la porción caudal y presentes en el pedúnculo caudal.

Familia Hemiramphidae

Hemiramphus saltator (Figura 3)

- **Distribución:** Desde el sur de Baja California, el Golfo de California, México hasta Ecuador.
- **Biología:** Especie de aguas costeras que vive cerca de la superficie formando cardúmenes de tamaño apreciable; se alimenta de peces pequeños y organismos plantónicos.
- **Localidad de colecta:** Manta, Manabí.
- **Estructuras clave:** Columna vertebral compuesta por 52 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 35; primeras tres vértebras con apófisis neurales poco desarrolladas y semifuncionadas, con apófisis ventrales desarrolladas; primera espina hemal con osificación en forma laminar en la parte final.

Familia Mugilidae

Mugil cephalus (Figura 4)

- **Distribución:** Desde California, Golfo de California hasta Chile y las islas Galápagos.
- **Biología:** Común sobre fondos fango-arenosos y rocoso, desde la orilla hasta unos 120 m de profundidad; tolera grandes variaciones de salinidad, desde aguas hipersalinas hasta dulces (a veces entre en los ríos), siendo más abundante en bahías y lagunas de aguas salobres y estuarios; a menudo forma cardúmenes y suele saltar fuera del agua.
- **Localidad de colecta:** Manta Manabí.
- **Estructuras clave:** Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 12; primera espina neural desarrollada y rígida, las tres primeras espinas neurales no se encuentran unidas y son de menor tamaño que la altura de la vértebra; las espinas hemales son delgadas, las cuatro primeras presentan desarrollo de la parte final, formando una “L”.

Familia Scombridae

Acanthocybium solandri (Figura 4)

- **Distribución:** En el Pacífico Oriental, desde el norte de Baja California, en el Golfo de California, al sur hasta el norte de Perú, incluyendo todas las islas oceánicas.
- **Biología:** Especie epipelágica y oceánica, a menudo solitaria o formando grupos más o menos dispersos; se alimenta de peces y calamares.

- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 62 vértebras; primera espina neural desarrollada en forma triangular, con una longitud no mayor a la altura de la vértebra.

Auxis rochei (Figura 4)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Perú, incluyendo las Islas Galápagos.
- Biología: Especie epipelágica; los adultos se capturan principalmente en aguas costeras y alrededor de islas; se alimenta de pequeños peces, principalmente clupeidos; también de crustáceos y de calamares.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 36 vértebras; primera espina neural desarrollada, triangular y no más alta que la altura de la vértebra; proceso óseo, en las vértebras del pedúnculo caudal, en forma de quilla.

Auxis thazard (Figura 4)

- Distribución: Desde California hasta Ecuador, incluyendo las Islas Galápagos.
- Biología: Especie epipelágica, tanto nerítica como oceánica; en el Pacífico Oriental se observan ejemplares maduros durante todo el año, aunque frente a Costa Rica el desove es más intenso desde diciembre hasta fines de abril.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 38 vértebras; primera espina neural desarrollada en forma triangular; espinas neurales y hemales largas y planas;

procesos óseos laterales de las vértebras del pedúnculo caudal desarrollados, formando una quilla.

Scomberomorus sierra (Figura 4)

- Distribución: Desde el sur de California, Estados Unidos hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos y otras islas oceánicas.
- Biología: Especie epipelágica nerítica que forma cardúmenes y al parecer desova cerca de la costa en toda su área de distribución; los adultos se alimentan de pequeños peces, especialmente de anchoas (*Anchoa* y *Cetengraulis*) y clupeidos (*Odontognathus* y *Opisthonema*).
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 47 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 14 y la espina hemal en la vértebra 24; primera espina neural pequeña y rígida del tamaño de 1/3 la altura de las vértebras.

Familia Sphyraenidae

Sphyraena ensis (Figura 4)

- Distribución: Se distribuyen desde el Golfo de California, México hasta Perú.
- Biología: Es una especie pelágica costera común que se encuentra en la plataforma continental.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 13-14; primera espina hemal desarrollada, corta, no más alta que la altura de la vértebra; espinas neurales y hemales delgadas y 1.5-2 veces la altura de la vértebra; espinas neurales y hemales cortas 1-1.5 veces la altura de la vértebra en el pedúnculo caudal.

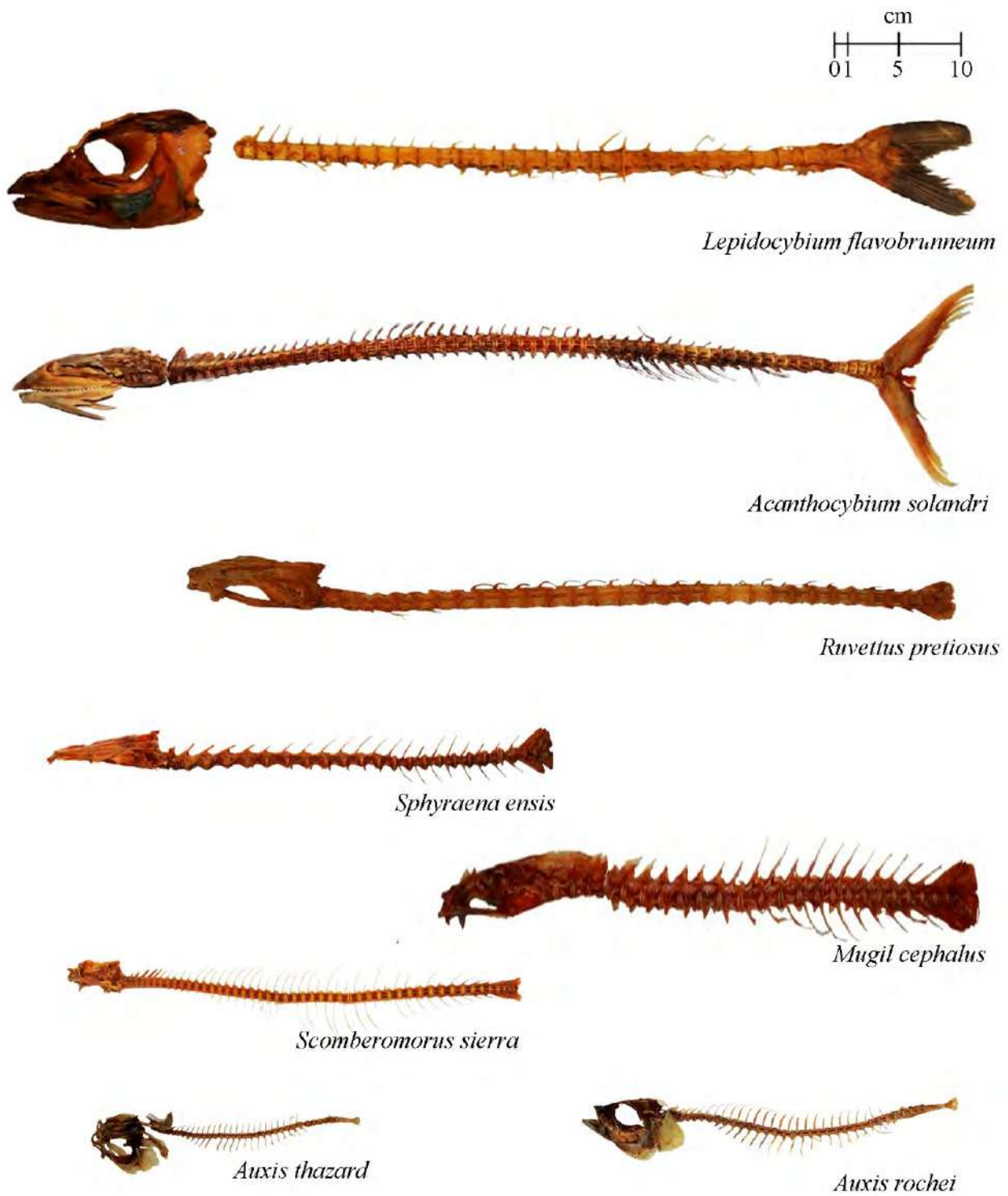


Figura 4. Composición ósea de peces con forma alargada y plana.

3.3. Formas altas y poco anchas

Familia Carangidae

Caranx caballus (Figura 5a)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Perú, incluyendo el Golfo de California y las Islas Galápagos.
- Biología: Especie gregaria demersal y pelágica que vive sobre la plataforma continental, por lo general cerca de la costa, pero también en aguas profundas (a más de 100 m); se alimenta principalmente de peces; también de camarones, cangrejos y otros invertebrados; los juveniles son comunes en aguas estuarinas.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 a 25 vértebras, el arco hemal en la vértebra 8-11, y la espina hemal en la vértebra 11; primeras tres vértebras con las espinas neurales laminadas en forma de triángulo, las vértebras caudales presentan arcos laterales.

Selene peruviana (Figura 5a)

- Distribución: Desde el sur de California, Estados Unidos hasta Perú.
- Biología: Una especie pelágica y demersal, que generalmente forma cardúmenes cerca del fondo desde aguas costeras hasta por lo menos unos 50 m de profundidad; se alimenta de pequeños peces y crustáceos.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina hemal alargada, rígida en forma de triángulo, resto de espinas neurales largas delgadas y rígidas.

Seriola rivoliana (Figura 5a)

- Distribución: Desde Estados Unidos hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos.
- Biología: Los adultos son pelágicos y demersales y posiblemente de hábitos más oceánicos que las demás especies de *Seriola*, ya que se capturan raramente en aguas costeras; se alimenta de peces.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primeras dos espinas neurales de la misma longitud que el alto de la vértebra.

Familia Haemulidae

Anisotremus taeniatus (Figura 5a)

- Distribución: Desde Baja California hasta Ecuador.
- Biología: Vive sobre fondos duros en aguas costeras someras forma grupos pequeños.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primeras dos espinas neurales cortas del tamaño de la mitad del ancho de la vértebra; apófisis ventrales bifurcadas en la porción abdominal.

Haemulon flaviguttatum (Figura 5a)

- Distribución: Se encuentra desde México hasta Ecuador.
- Biología: Una especie demersal de agua costeras; es un depredador nocturno que forma cardúmenes sobre sustratos rocosos y arenosos.

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 12; primeras tres espinas neurales largas, delgadas y rígidas; primeras espinas hemales con ensanchamiento en la porción final.

Haemulon steindachneri (Figura 5a)

- Distribución: Desde México hasta el norte de Perú.
- Biología: Habita sobre sustratos arenosos, rocosos y de cascajos en aguas costeras; se encuentra formando cardúmenes en zonas arenosas adyacentes a los arrecifes.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 12; primera espina neural corta no más larga que la mitad de la altura de la vértebra; primeras espinas hemales bifurcadas.

Haemulopsis axillaris (Figura 5a)

- Distribución: Desde Mazatlán, México hasta Ecuador.
- Biología: Esta especie demersal se pueden encontrar en sustrato blando, generalmente arena y lodo estuarios cerca de los manglares, a profundidades de 60 metros; su aparición en aguas poco profundas de las ensenadas costeras parece ser regular.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primera y segunda espina neural delgadas, rígidas, aproximadamente del tamaño de la altura de la vértebra;

segunda espina hemal con un proceso de osificación al final.

Microlepidotus brevipinnis (Figura 5a)

- Distribución: Desde el Golfo de California, México hasta Ecuador.
- Biología: Especie costera que forma cardúmenes en áreas arenosas, usualmente entre 5-30 m de profundidad.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primera y segunda espina neural delgada y rígida de longitud menor a la altura de la vértebra.

Orthopristis chalceus (Figura 5a)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las islas Galápagos.
- Biología: Vive sobre fondos de arena y cascajo en aguas costeras.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primera y segunda espina neural rígida, en posición de 90°, de longitud no mayor a la altura de la vértebra.

Xenichthys xanti (Figura 5a)

- Distribución: Desde Baja California hasta Perú.
- Biología: Forma cardúmenes sobre fondos arenosos someros, agrupándose con otros peces roncadores.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral

compuesta por 25 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primeras tres espinas neurales desarrolladas y triangulares, rígidas, con la longitud similar a la altura de la vértebra; segunda espina hemal delgada, semirrígida, y con osificación en la porción terminal.

Familia Lutjanidae

Lutjanus argentiventris (Figura 5a)

- Distribución: Desde el sur de California, Estados Unidos hasta Perú, incluyendo islas oceánicas.
- Biología: Vive en arrecifes rocosos y coralinos costeros, hasta por lo menos 60 m de profundidad; generalmente solitario o en pequeños grupos; los juveniles se encuentran en pozas litorales y estuarios; una especie carnívora que se alimenta de invertebrados y peces.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 11; primera y segunda espina neural unidas, aparentemente fusionadas, fuertes y rígidas, dos veces la altura de la vértebra; segunda espina hemal ensanchada en la porción final.

Familia Labridae

Bodianus diplotaenia (Figura 5a)

- Distribución: Desde Baja California y el Golfo de California hasta el norte de Chile, incluyendo islas oceánicas.
- Biología: Se encuentran solitarios o asociados en pequeños grupos en áreas rocosas o coralinas, a veces también sobre fondos arenosos y praderas de plantas marinas; se alimenta de cangrejos, ofiúridos, erizos de mar y moluscos; durante la noche duermen aglomerados en grietas de rocas y cuevas.

- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 28 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 12 y la espina hemal en la vértebra 13: primera espina neural desarrollada triangularmente, dos tercios de la longitud de la segunda espina neural.

Familia Malacanthidae

Caulolatilus affinis (Figura 5a)

- Distribución: Desde el Golfo de California, México hasta Perú.
- Biología: Se encuentra sobre fondos rocosos y arenosos, cerca de arrecifes aislados, entre 30 y 185 m de profundidad; se han encontrado hembras maduras en abril y noviembre en el Golfo de California, y en septiembre frente a Colombia y Ecuador en las islas Galápagos.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: columna vertebral compuesta por 26 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 13; primera espina neural desarrollada, triangular, fuerte y rígida, dos veces la altura de la vértebra.

Familia Paralichthyidae

Cyclopsetta querna (Figura 5a)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Perú.
- Biología: Vive sobre fondos blandos, desde la cercanía de zonas de manglares hasta unos 29 m de profundidad; se alimenta de pequeños peces y de grandes invertebrados bentónicos.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral

compuesta por 38 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural fuerte y larga, con dirección hacia la parte anterior del esqueleto.

Syacium latifrons (Figura 5a)

- Distribución: Desde Baja California, incluyendo el Golfo de California hasta Perú.
- Biología: Vive sobre fondos blandos entre los 20 y 94 m de profundidad.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 33 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 8.

Familia Sciaenidae

Corvula macrops (Figura 5b)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Ecuador, incluyendo las islas Galápagos.
- Biología: Especie demersal que vive en aguas costeras sobre fondos rocosos.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 12; primera espina neural desarrollada en forma de placa, con longitud no mayor a la altura de la vértebra.

Larimus acclivis (Figura 5b)

- Distribución: Desde Golfo de California y costa oeste de Baja California hasta el norte de Perú.
- Biología: Vive en aguas costeras y lagunas. Se alimenta principalmente de crustáceos planctónicos.

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8-11 y la espina hemal en la vértebra 11-13; primera espina neural desarrollada y rígida, en ángulo de 45° hacia la parte posterior, segunda espina neural desarrollada en posición de 90°; primeras dos espinas hemales desarrolladas y curvadas hacia la parte posterior.

Odontoscion xanthops (Figura 5b)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Perú.
- Biología: Vive en aguas someras, penetrando en estuarios y bocas de río; forma cardúmenes media agua, se alimenta principalmente de crustáceos y peces pelágicos.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural desarrollada, delgada y no más larga que la altura de la vértebra, segunda espina neural desarrollada en forma triangular; primeras dos espinas hemales en forma de escuadra.

Pareques lanfeari (Figura 5b)

- Distribución: Desde Ecuador hasta Perú.
- Biología: Vive en costas rocosas, pero ocasionalmente alcanza hasta 60 m de profundidad; se alimenta de la epifauna del sustrato.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 10; primera y segunda espina neural desarrolladas y con posición de 90°, ligeramente más largas que la altura de la vértebra; primera espina hemal desarrollada, robusta, corta y rígida.

Familia Serranidae

Diplectrum maximum (Figura 5b)

- Distribución: Desde el sur de Baja California, México, Colombia hasta Perú.
- Biología: Es una especie bentopelágica y de hábitos costeros.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural corta y triangular no más alta que la altura de la vértebra.

Diplectrum pacificum (Figura 5b)

- Distribución: En el Pacífico Oriental desde México, incluyendo al Golfo de California hasta Perú.
- Biología: Vive en fondos de arena fangosa entre 1 y 90 m de profundidad, abundante entre 15 y 30 m; se alimenta principalmente de peces y también de crustáceos; es hermafrodita sincrónico.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, primer arco hemal ubicado en la vértebra 8 y la primera espina hemal en la 12; prezigapófisis y poszigapófisis en la vértebra 4, a partir de la vértebra 6 presentan poszigapófisis ventrales desde la vértebra 12; primera espina neural pequeña y triangular, no más alta que la mitad de la altura de la vértebra.

Diplectrum rostrum (Figura 5b)

- Distribución: Esta especie es endémica del Pacífico Oriental, y se encuentra desde Baja California hasta el sur de Perú, incluyendo las Islas Galápagos.
- Biología: Esta especie habita sustratos de

arena entre 12 a 80 m de profundidad; se alimenta de crustáceos móviles bentónicos y peces óseos.

- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural desarrollada de forma triangular no más alta que la altura de la vértebra.

Epinephelus analogus (Figura 5b)

- Distribución: En el Pacífico Oriental desde el sur de California, Estados Unidos hasta Perú, incluyendo las Islas Revillagigedo, Clipperton y Galápagos.
- Biología: Es una especie abundante en arrecifes aislados y alejados de la costa; se alimenta principalmente de crustáceos y peces sobre fondos rocosos y arenosos.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural desarrollada en forma de triángulo, fuerte y rígida, su longitud es dos veces la altura de la vértebra; primeras tres espinas hemales gruesas y rígidas.

Epinephelus labriformis (Figura 5b)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las islas de Cocos, Revillagigedo y Galápagos.
- Biología: Común en aguas someras a lo largo de costas rocosas; se alimenta de peces pequeños durante el día y principalmente de crustáceos durante la noche; aunque esta especie es más abundante en las cercanías de la costa, los adultos también suelen encontrarse en aguas más profundas (por lo menos hasta 30 m).

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural fuerte y triangular; espinas hemales fuertes y bifurcadas, con proyecciones finas hacia la parte posterior.
- Biología: Esta es una especie demersal que habita aguas costeras y profundas; es probablemente una especie que forma cardúmenes.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 12; primera espina neural pequeña y unida con la segunda espina neural; primeras espinas hemales desarrolladas y bifurcadas.

Hemanthias signifer (Figura 5b)

- Distribución: En el Pacífico Oriental desde California hasta Perú.

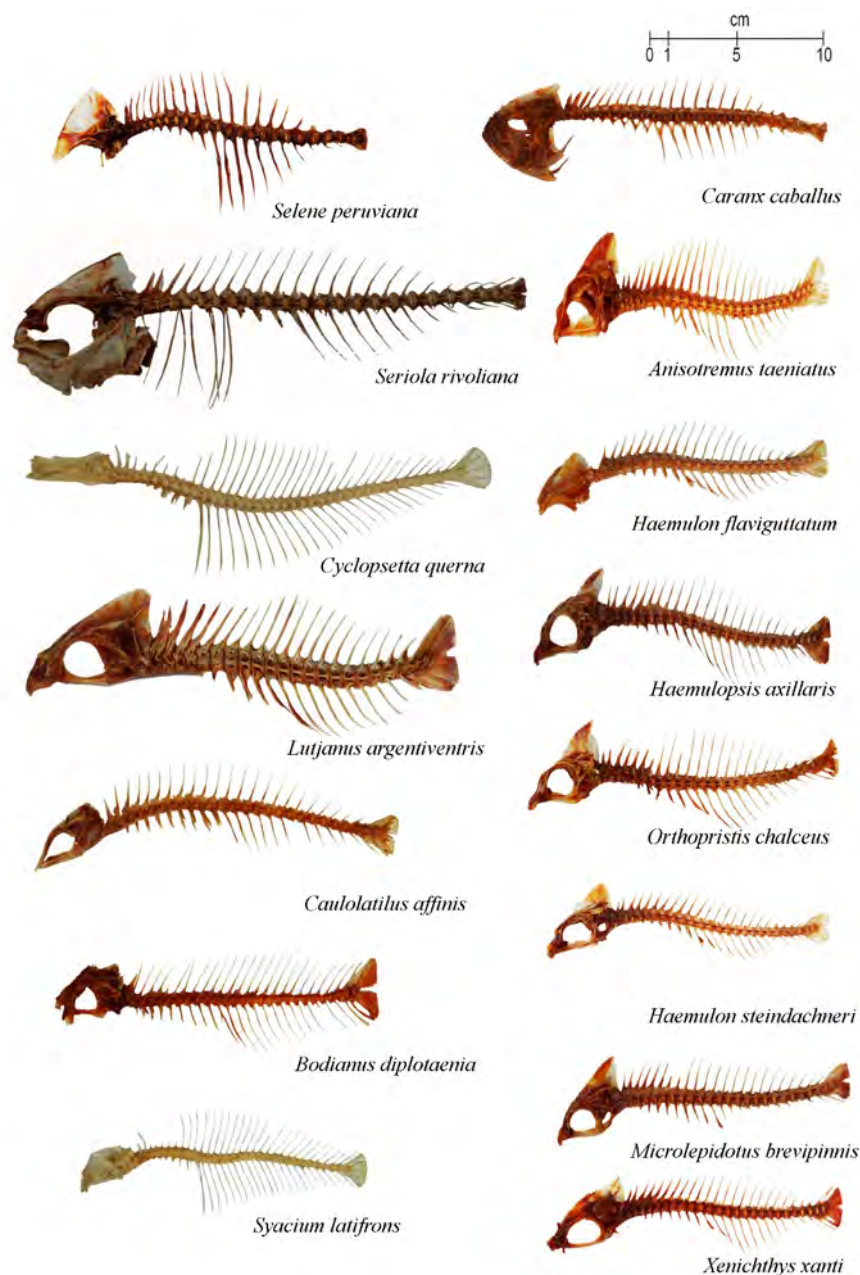


Figura 5a. Composición ósea de peces con forma alta y poco ancha.

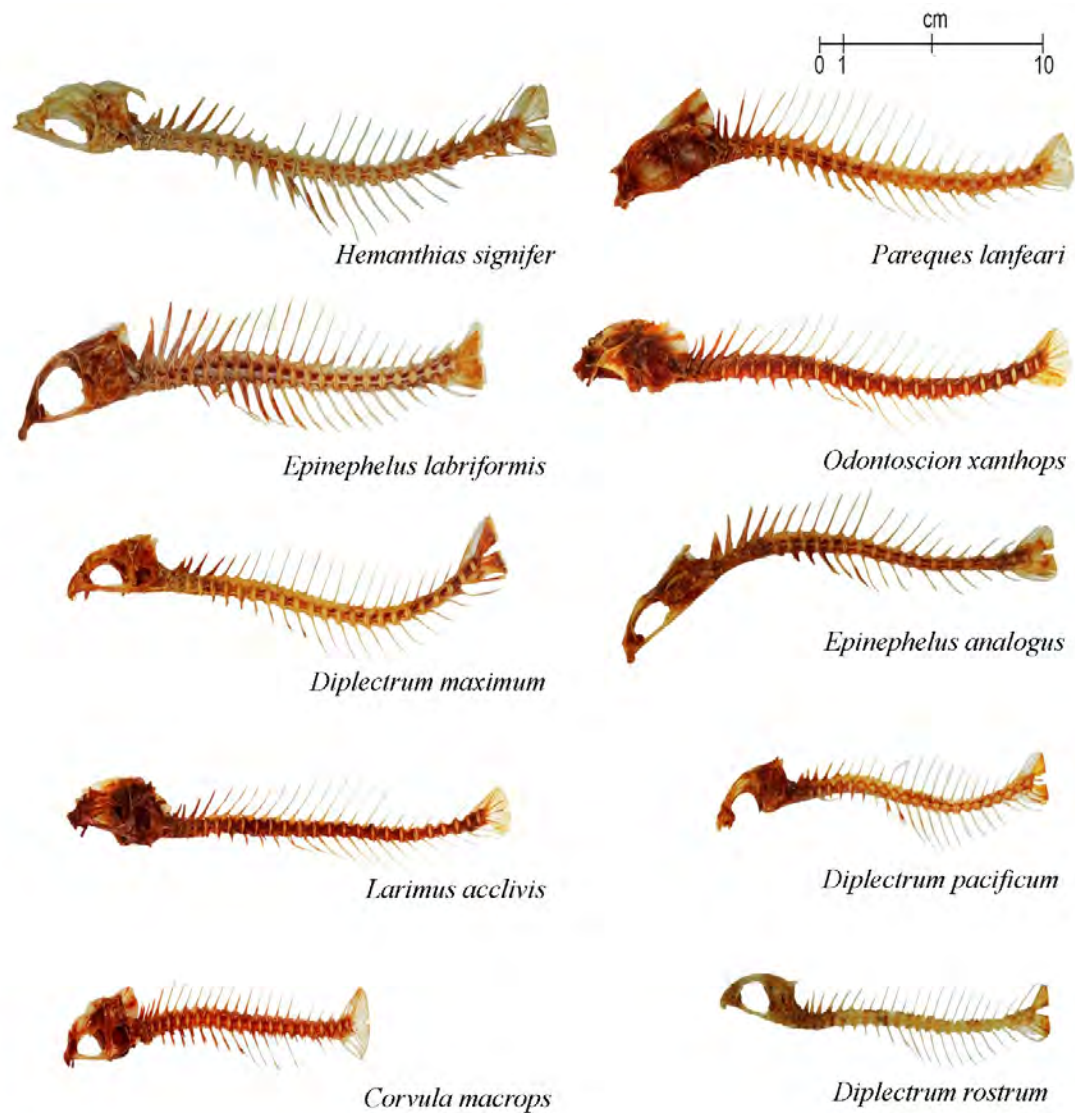


Figura 5b. Composición ósea de peces con forma alta y poco ancha.

4. Especies con estructuras óseas claves

Familia Balistidae

Balistes polylepis (Figura 6)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Chile, incluyendo las islas Galápagos.
- Biología: Especie asociada a arrecifes; los adultos son demersales y los jóvenes son pelágicos; se alimenta de erizos de mar, pequeños crustáceos y moluscos.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 17 vértebras, el arco hemal y espina hemal se localizan en la vértebra 7; espinas neurales de las primeras 5 vértebras desarrolladas en forma aplanada, unidas, pero no fusionadas.

Familia Coryphaenidae

Coryphaena hippurus (Figura 6)

- Distribución: Desde California hasta Perú.
- Biología: Especie pelágica oceánica, pero a veces se aproxima a la costa; sigue los barcos y forma pequeñas concentraciones bajo objetos flotantes; su alimenta principalmente de peces, pero también de crustáceos y calamares; desova en altamar, probablemente aproximándose a la costa cuando la temperatura del agua aumenta.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 30 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 14 y la espina hemal en la vértebra 15; primeras espinas neurales triangulares planas, espinas neurales y hemales pequeñas, delgadas y rígidas, espinas neurales y hemales diminutas en el pedúnculo caudal.

Familia Merlucciidae

Merluccius angustimanus (Figura 6)

- Distribución: Desde el sur de California, Golfo de California y generalmente hasta Colombia. Este trabajo registra la presencia de la especie en aguas del Pacífico ecuatoriano.
- Biología: Su hábitat se extiende desde las partes someras de la plataforma continental (80 m) hasta las regiones superiores del talud (500 m de profundidad), también habita en aguas intermedias y mesetas submarinas en mar abierto.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 49 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 23-25; las primeras vértebras presentan desarrollo de la apófisis neural en forma de placas firmes y en posición de 45° hacia la parte posterior; las apófisis laterales se encuentran desarrolladas en placas en las vértebras abdominales.

Merluccius gayi (Figura 6)

- Distribución: Desde Ecuador hasta Chile.
- Biología: Especie demersal que se encuentra desde la plataforma continental hasta el talud continental superior; migra verticalmente hacia aguas medias para alimentarse de peces, calamares y eufáusidos.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 50 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 24; la primera espina neural se encuentra desarrollada y alargada, con una longitud tres veces la altura de la vértebra, y separada de las siguientes espinas neurales; las apófisis laterales de las vértebras abdominales bien desarrolladas en placas.

Familia Ophidiidae

Lepophidium negropinna (Figura 6)

- Distribución: Desde la costa de Baja California, Golfo de California hasta Ecuador.
- Biología: Vive en fondos blandos someros a moderadamente profundos, entre 25 y 237 m de profundidad.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral

compuesta por 66 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 17; apófisis laterales de la primera vértebra desarrolladas formando estructuras redondeadas; las apófisis de la porción abdominal desarrolladas, las espinas neurales cortas y en ángulo de 45°.

Familia Scaridae

Scarus perrico (Figura 6)

- Distribución: Desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las Islas Galápagos.
- Biología: Relativamente común en aguas costeras someras, especialmente en zonas con abundante desarrollo de corales.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural desarrollada, delgada y rígida.

Familia Scombridae

Katsuwonus pelamis (Figura 6)

- Distribución: Cosmopolita en mares y océanos tropicales y templados, excepto en el Mar Negro.
- Biología: Especie epipelágica oceánica y migratoria; forma grupos, generalmente asociados con convergencias y zonas limítrofes entre masas de aguas cálidas, zonas de surgencias y otros sitios de

discontinuidad hidrográfica; se alimenta predominantemente de peces, crustáceos y moluscos y se lo considera como oportunista.

- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 40 a 41 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 12 y la espina hemal en la vértebra 21; las vértebras desde la mitad posterior de la porción abdominal y hasta la mitad de la porción caudal presentan arcos laterales; pedúnculo caudal con espinas neurales y hemales reducidas prácticamente ausentes, quilla presente.

Thunnus albacares (Figura 6)

- Distribución: Las aguas cálidas, siendo la especie de atún más tropical. Abunda en las aguas tropicales del Atlántico.
- Biología: Los atunes aleta amarilla tienden a formar cardúmenes con peces del mismo tamaño, incluyendo otras especies de atún, los ejemplares más grandes a menudo son vistos con delfines, marsopas, ballenas y tiburones ballena.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 32 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 18 y la primera espina hemal en la vértebra 18; primeras dos espinas neurales desarrolladas en forma de placas y con una longitud no mayor a la altura de la vértebra; presenta una quilla delgada localizada en los laterales de las vértebras finales en el pedúnculo caudal.

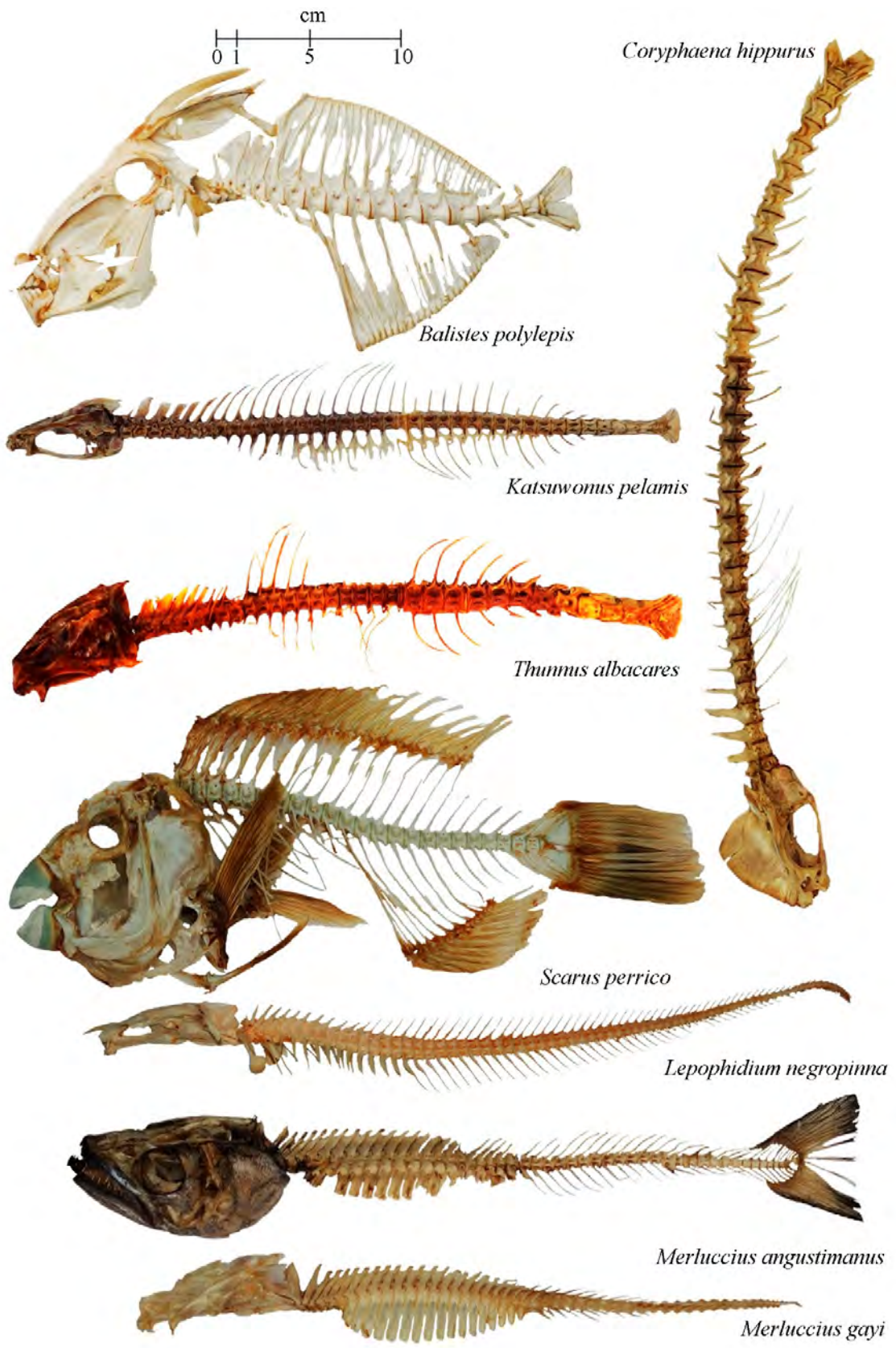


Figura 6. Estructuras óseas de peces con características clave para la identificación.

5. Especies de relevancia en el ecosistema, sin importancia comercial e incidentales en las capturas

Familia Chaetodontidae

Chaetodon humeralis (Figura 7a)

- Distribución: Desde el Golfo de California, México hasta Perú.
- Biología: Especie demersal sobre arrecifes coralinos de aguas someras o sobre arena; se le observa en forma individual o en grupos pequeños entre 3-55 m de profundidad, pero es más común entre los 5-12 m.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; espinas largas, delgadas y rígidas, primeras tres espinas neurales 1.5 veces la altura de las vértebras.

Familia Gerreidae

Eugerres periche (Figura 7a)

- Distribución: Desde México hasta el norte de Perú.
- Biología: Habita en aguas costeras.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 6; primeras tres espinas neurales delgadas y rígidas de la misma longitud que el ancho de la vértebra; espinas largas y semirrígidas en el pedúnculo caudal.

Eucinostomus currani (Figura 7a)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Perú y las Islas Galápagos.
- Biología: Vive sobre sustratos blandos en aguas costeras y bahías; los juveniles son comunes en regiones estuarinas, manglares, zonas de corrientes de mareas y también en ríos distantes de la costa; adultos en aguas más profundas; es una especie omnívora.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 12; primeras tres espinas neurales delgadas y rígidas, no más largas que la altura de la vértebra.

Eucinostomus entomelas (Figura 7a)

- Distribución: Desde el sur de Baja California, México incluyendo el Golfo de California hasta Perú.
- Biología: Vive sobre sustratos blandos en aguas costeras y bahías someras, generalmente formando cardúmenes; los juveniles se encuentran en las lagunas costeras y estuarios; es una especie omnívora.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 11; primeras tres espinas neurales delgadas y rígidas, de la misma longitud que la altura de la vértebra.

Familia Monacanthidae

Aluterus monoceros (Figura 7a)

- Distribución: Desde México hasta Chile.
- Biología: Ocasionalmente en aguas poco profundas, solitarios o en parejas, en ocasiones en grupos de cinco o seis, a menos de 10 m de profundidad; los juveniles son pelágicos, vistos bajo objetos flotantes.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 22 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 9; primera espina neural poco desarrollada y de 1.5 veces la altura de la vértebra, las siguientes dos espinas neurales bien desarrolladas en forma de placa.

Familia Nomeidae

Cubiceps paradoxus (Figura 7a)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Ecuador.
- Biología: Especie oceánica.
- Localidad de colecta: Manta, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 22 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 12; primera espina neural pequeña no más de la mitad de la altura de la vértebra, siguientes dos espinas neurales desarrolladas, fuertes y rígidas, no unidas entre ellas.

Familia Opistognathidae

Lonchopisthus sinuscalifornicus (Figura 7a)

- Distribución: En el Golfo de California y en Ecuador.
- Biología: Especie bentónica que habita en

aguas costeras sobre fondos blandos, entre 10 y 40 m.

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 27 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 11; primera espina neural desarrollada, rígida orientada hacia la parte anterior del esqueleto y en contra posición que el resto de los espinas neurales.

Familia Ophichthidae

Ophichthus zophochir (Figura 7a)

- Distribución: Desde California, Estados Unidos hasta Perú.
- Biología: Especie bentónica costera que vive sobre fondos arenosos, hasta profundidades de 100 m.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 140 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 54; vértebras pequeñas, primeras espinas neurales ausentes o diminutas.

Familia Polynemidae

Polydactylus opercularis (Figura 7a)

- Distribución: Desde el sur de California, Estados Unidos hasta Perú.
- Biología: Habita en aguas costeras y estuarios, en la arena y el barro del fondo. También encontrado a lo largo de las playas de arena.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 11; primera espina neural pequeña y rígida, su longitud no mayor a la altura de la vértebra.

Familia Priacanthidae

Pristigenys serrula (Figura 7a)

- Distribución: Desde el centro de California hasta Chile, incluyendo islas oceánicas.
- Biología: Habita fondos rocosos desde 3-4 m hasta por lo menos 100 m de profundidad. Es común en aguas costeras.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 21 a 22 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7-9 y la espina hemal en la vértebra 10-11; primera espina neural muy corta y rígida.

Familia Sciaenidae

Umbrina bussingi (Figura 7a)

- Distribución: Desde el sur de Baja California hasta Ecuador.
- Biología: Especie demersal que habita aguas costeras y se captura entre los 32 y 100 m de profundidad.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 10; primeras dos espinas neurales desarrolladas, rígidas y con longitud no mayor que la altura de la vértebra.

Familia Scorpaenidae

Pontinus sierra (Figura 7a)

- Distribución: Esta especie se encuentra desde el sur de Baja California hasta el Golfo central de California hasta Perú.

- Biología: Los adultos son demersales mientras que los juveniles son pelágicos; son ovíparos, con larvas planctónicas.

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 11; la primera y segunda espina neural se encuentran desarrolladas y unidas formando un triángulo.

Familia Scorpaenidae

Scorpaena plumieri mystes (Figura 7a)

- Distribución: Se encuentra desde Baja California hasta el norte de Chile.

- Biología: El comportamiento defensivo de esta especie incluye la exhibición (por movimientos rotatorios de las aletas) de las axilas pectorales vivamente coloreadas.

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 7 y la espina hemal en la vértebra 10; primera espina neural fina y delgada, segunda espina neural desarrollada, ambas orientadas hacia la parte anterior.

Familia Serranidae

Paranthias colonus (Figura 7a)

- Distribución: En el Pacífico Oriental desde el Golfo de California hasta Perú, incluyendo las islas Revillagigedo, Galápagos, Clipperton, Cocos y Malpelo.

- Biología: Es un pez típico de arrecifes coralinos que frecuentemente forma agregaciones; se alimenta especialmente de animales planctónicos microscópicos que selecciona individualmente del agua.

- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 8 y la espina hemal en la vértebra 11; primera, segunda y tercera espinas neurales pequeñas y unidas, no más altas que la altura de la vértebra.

Familia Sparidae

Arothron hispidus (Figura 7a)

- Distribución: Desde Baja California y el Golfo de California hasta Panamá y Ecuador.
- Biología: Habita arrecifes rocosos y de coral de poca profundidad.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 18 vértebras; desarrollo de la apófisis neural de la tercera vértebra en forma de placa, con su altura máxima no mayor a la mitad de la altura de la vértebra.

Calamus brachysomus (Figura 7a)

- Distribución: Es endémica del Pacífico Oriental, se encuentra desde Baja California y el Golfo de California hasta Perú, incluyendo Islas Galápagos y Malpelo.
- Biología: Habita en zonas de arena a unos 69 m de profundidad, pero por lo general 3-18 m, probablemente se alimenta de invertebrados bentónicos; solo capturado incidentalmente con redes de arrastre.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 22 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 6 y la espina hemal en la vértebra 11.

Familia Tetraodontidae

Lagocephalus lagocephalus (Figura 7a)

- Distribución: Desde California, incluyendo el Golfo de California, hasta Ecuador y las Islas Galápagos.
- Biología: Principalmente es un pez oceánico y pelágico, pero puede encontrarse en estuarios. Se alimenta de crustáceos y calamares.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 17 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 9 y la espina hemal en la vértebra 13; las apófisis neurales desarrolladas en forma de placas.

Sphoeroides annulatus (Figura 7b)

- Distribución: Desde California hasta Perú, incluyendo las Islas Galápagos.
- Biología: Especie demersal costera que vive sobre fondos blandos, los juveniles habitan en estuarios.
- Localidad de colecta: Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.
- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 16 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 6 y la espina hemal en la vértebra 8; apófisis neurales desarrolladas formando placas óseas de 1/3 la altura de la vértebra.

Familia Triglidae

Prionotus stephanophrys (Figura 7b)

- **Distribución: Desde California, incluyendo el Golfo de California hasta Perú.**
- Biología: Es una especie bentónica costera que vive sobre fondos blandos por lo menos hasta los 90 m de profundidad.
- Localidad de colecta: Jaramijó, Manabí.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 24 vértebras, el arco hemal se localiza en la vértebra 11 y la espina hemal en la vértebra 13; osificación lateral de la vértebra 21 formando dos protuberancias, una a cada lado.

Familia Uranoscopidae

Astrocopus zephyreus (Figura 7b)

- **Distribución:** Desde el sur de California, Estados Unidos hasta el norte de Perú.

- **Biología:** Habita en fondos arenosos en aguas costeras.

- **Localidad de colecta:** Santa Rosa de Salinas, Santa Elena.

- Estructuras clave: Columna vertebral compuesta por 23 vértebras, el arco hemal y la espina hemal se localizan en la vértebra 10; espinas neurales desarrolladas y delgadas formando bastoncillos en las primeras vértebras, unidas entre sí.

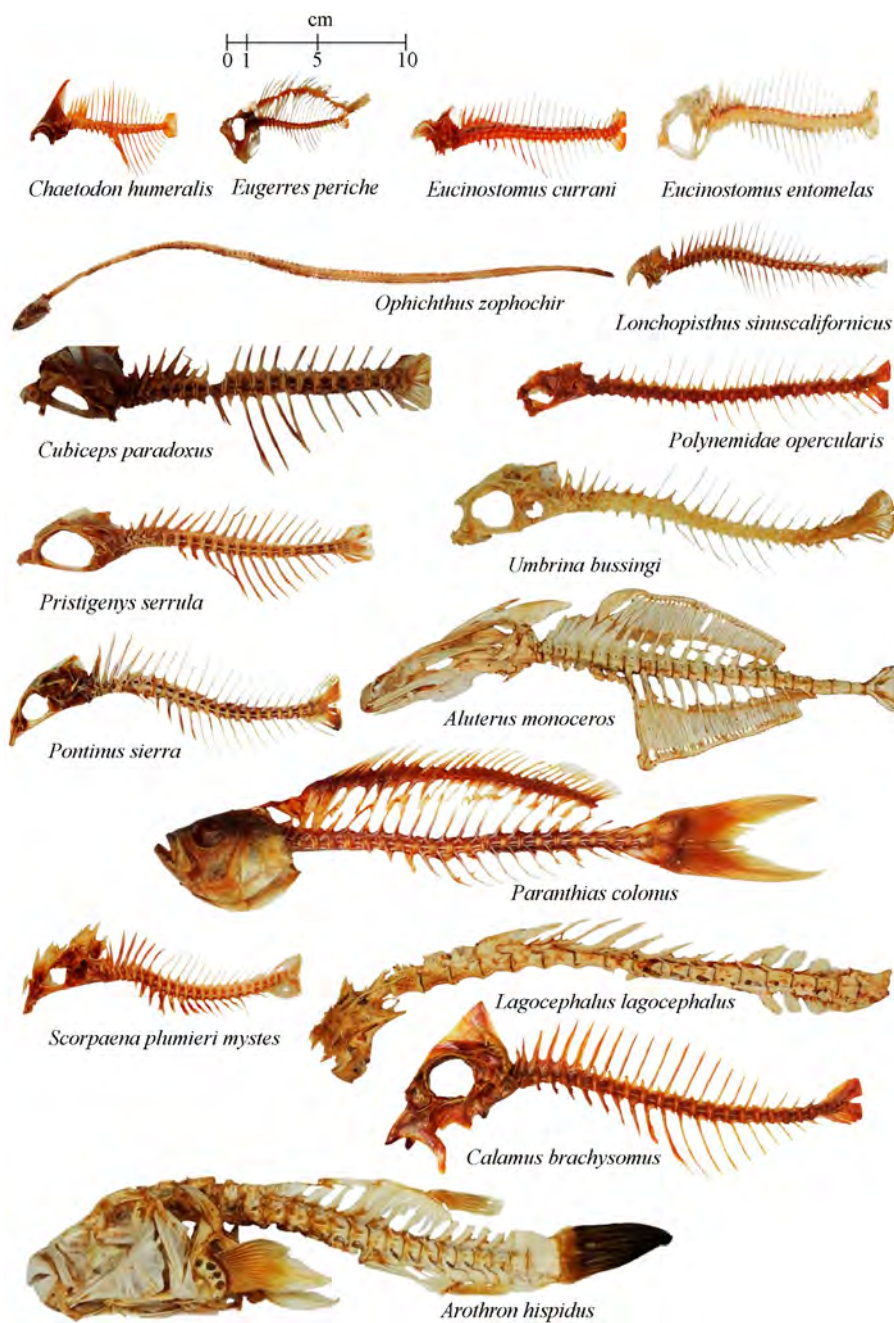


Figura 7a. Estructuras óseas de especies de relevancia en el ecosistema, sin importancia comercial e incidentales en las capturas.

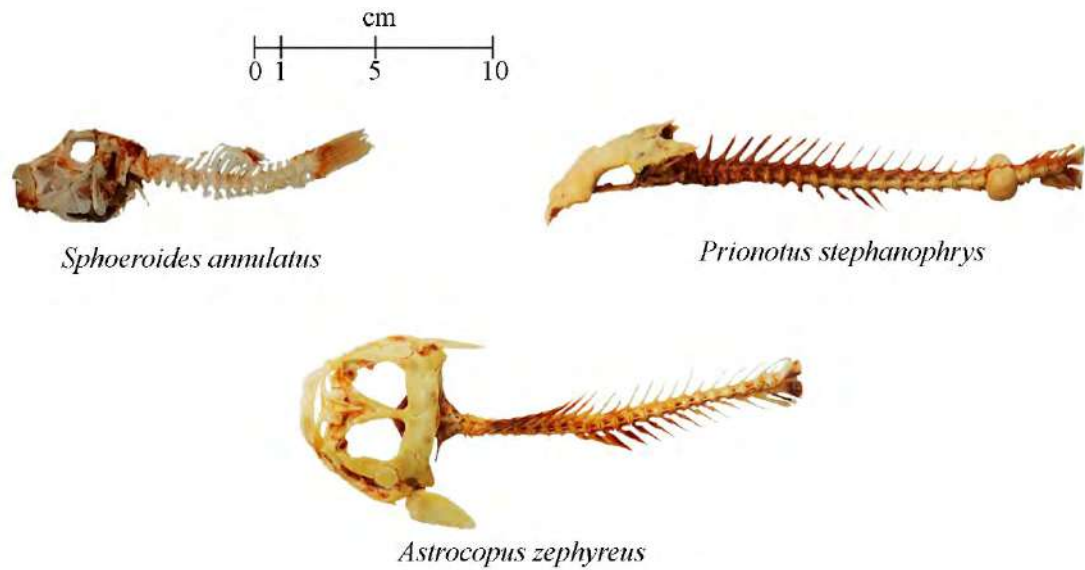


Figura 7b. Estructuras óseas de especies de relevancia en el ecosistema, sin importancia comercial e incidentales en las capturas.

6. Recomendaciones generales

El trabajo realizado para la identificación de estructuras óseas en peces del Ecuador, ha mostrado un avance significativo a partir del 2015; sin embargo, aún no se ha logrado completar el total de especies y la descripción de sus componentes óseos. Se sugiere que se continúe con la obtención de ejemplares marinos y de agua dulce, así como que se incremente el número de organismos en las colecciones de referencia. La Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM), resguarda la colección de estructuras óseas presentadas en este trabajo, se espera que a futuro más estudiantes y docentes del Ecuador se integren y mejoren el acervo de las colecciones ictiológicas.

Bibliografía

- Abitía-Cárdenas, L., Arizmendi-Rodríguez, D., Gudiño-González, N., y Galván-Magaña, F. (2010). Feeding of blue marlin *Makaira nigricans* off Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 38(2), 281-285.
- Allen, L., Pondella, D., y Horn, M. (2006). *Ecology of marine fishes: California and adjacent waters*. Berkeley, California: University of California Press.
- Barrera-García, A.M. (2008). Descripción osteológica para la identificación de peces de la familia Carangidae del Pacífico mexicano. Tesis de Maestría. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, México. 176 pp.
- Coello, D., Herrera, M., Calle, M., Castro, R., Medina, C., y Chalén, X. (2010). Incidencia de tiburones, rayas, aves, tortugas y mamíferos marinos en la pesquería artesanal con enmalle de superficie en la caleta pesquera de Santa Rosa. *Instituto Nacional de Pesca*, 2(3), 1-55.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. (1995a). Guía

- FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental, Vertebrados, Volumen II, Parte I: Roma.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. (1995b). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental, Vertebrados, Volumen III, Parte II: Roma.
- Galván-Magaña, F., Polo-Silva, C., Hernández-Aguilar, S.B., Sandoval-Londoño, A., Ochoa-Díaz, M., Aguilar-Castro, N., Castañeda-Suárez, D., Chávez-Costa, A., Baigorri-Santacruz, A., Torres-Rojas, Y., y Abitía-Cárdenas, L. (2013). Shark predation on cephalopods in the Mexican and Ecuadorian Pacific Ocean. *Deep Sea Research II: Topical Studies in Oceanography*, 95, 52-62.
- Hodgson, S., Quinn, T.P., Hilborn, R., Francis, R.C., y Rogers, D.E. (2006). Marine and freshwater climatic factors affecting interannual variation in the timing of return migration to fresh water of sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*). *Fisheries Oceanography*, 15(1), 1-24.
- Jiménez-Prado, P., Aguirre, W., Laaz-Moncayo, E., Navarrete-Amaya, R., Nugra-Salazar, F., Rebolledo-Monsalve, E., Zárate-Hugo, E., Torres-Novoa, A., y Valdiviezo-Rivera, J. (2015). Guía de peces para aguas continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador.
- Jiménez-Prado, P., y Béarez, P. (2004). Peces marinos del Ecuador continental/Marine fishes of continental Ecuador. SIMBIOE/NAZCA/IFEA Tomo II: Quito.
- Koumoundouros, G., Divanach, P., y Kentouri, M. (1999). Osteological development of the vertebral column and of the caudal complex in *Dentex dentex*. *Journal of Fish Biology*, 54(2), 424-436.
- Koumoundouros, G., Divanach, P., y Kentouri, M. (2001a). Osteological development of *Dentex dentex* (Osteichthyes: Sparidae): dorsal, anal, paired fins and squamation. *Marine Biology*, 138, 399-406.
- Koumoundouros, G., Gagliardi, F., Divanach, P., Boglione, C., Cataudella, S., y Kentouri, M. (1997). Normal and abnormal osteological development of caudal fin in *Sparus aurata*. *Aquaculture*, 149(3-4), 215-226.
- Koumoundouros, G., Sfakianakis, D.G., Maingot, E., Divanach, P., y Kentouri, M. (2001b). Osteological development of the vertebral column and of the fins in *Diplodus sargus* (Teleostei: Perciformes: Sparidae). *Marine Biology*, 139, 853-862.
- Loor-Andrade, P., Pincay-Espinoza, J., Carrera-Fernández, M., y Rosas-Luis, R. (2017b). Feeding habits of billfishes (Carangaria: Istiophoriformes) in the Ecuadorian Pacific Ocean. *Neotropical Ichthyology*, 15(3), e160162.
- Loor-Andrade, P., Pincay-Espinoza, J., y Rosas-Luis, R. (2017a). Diet of the blue shark *Prionace glauca* in the Ecuadorian Pacific Ocean during the years 2013 to 2015. *Journal of Applied Ichthyology*, 33(3), 558-562.
- Nelson, J., Grande, T., y Wilson, M. (2016). *Fishes of the World*. Fifth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Rosas-Luis, R., Loor-Andrade, P., Ávila-Tumbaco, A., y Pincay-Espinoza, J. (2015). Manual para la identificación de peces óseos marino-costeros del Pacífico ecuatoriano basado en esqueletos axiales. Editorial MAR ABIERTO, Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Ecuador.

- Rosas-Luis, R., Loor-Andrade, P., Carrera-Fernández, M., Pincay-Espinoza, J., Vinces-Ortega, C., y Chompoy-Salazar, L. (2016a). Cephalopod species in the diet of large pelagic fish (sharks and billfishes) in Ecuadorian waters. *Fisheries Research*, 173(Part 2), 159-168.
- Rosas-Luis, R., Navarro, J., Loor-Andrade, P., y Forero, M.G. (2017). Feeding ecology and trophic relationships of pelagic sharks and billfishes coexisting in the central eastern Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 573, 191-201.
- Rosas-Luis, R., Pincay-Espinoza, J.E., Loor-Andrade, P., y Carrera-Fernández, M. (2016b). Trophic Ecology of the Shortfin Mako *Isurus oxyrinchus* (Lamniformes: Lamnidae) in the Eastern Pacific Ocean. In: A. Kovács & P. Nagy. (Eds.), *Advances in Marine Biology*. Volume 1 (pp. 147-182). New York, USA: Nova Science Publishers.

Pez sierra *Pristis pristis* una historia en Ecuador

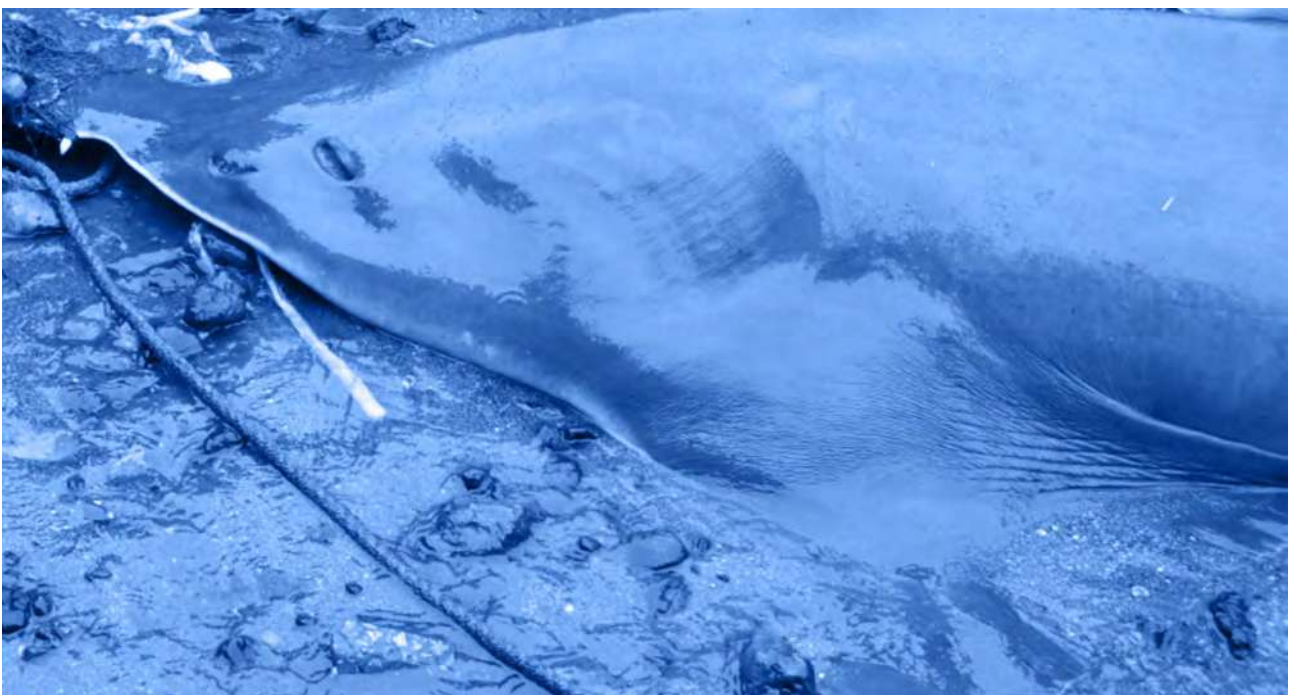
Rosas-Luis Rigoberto^{1,2}

¹Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013.

²Cátedras CONACyT-Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013. riroluis@yahoo.com.mx

Resumen

De acuerdo con CITES, Apéndice I, el pez sierra (*Pristis pristis*) es una especie categorizada como en mayor peligro de extinción. La información de su población, hábitat y relaciones con su entorno no han sido estudiadas en las aguas de Ecuador, por lo que es de vital importancia iniciar el monitoreo de las actividades, que directa o indirectamente, estén interactuando con ejemplares de esta especie. En visitas personales a los diferentes puertos pesqueros de la región sur de Ecuador, se detectó la presencia de un ejemplar de gran talla, aproximadamente 5 m de longitud total, en Santa Rosa de Salinas. La información presentada en este trabajo está referida a la información bibliográfica y al esfuerzo por conocer el estado actual de la población del pez sierra en Ecuador, considerando a los pescadores como principal fuente de información. La información adquirida por la aplicación de encuestas reflejó que el pez sierra habita, preferentemente los ambientes costeros y de estuarios, con un aporte alto de agua dulce; que utiliza estas áreas para alimentarse y para la reproducción. Finalmente, se evidenció la necesidad de generar una estrategia de investigación, protección y manejo de esta especie en el Ecuador, para lograr su recuperación en nuestro país.



Contenido

Introducción	101
1. El pez sierra en el mundo	101
1.1. Registros históricos	101
1.2. Estado global de conservación	102
2. Estudio de <i>Pristis pristis</i> en Ecuador	102
2.1. Captura y tallas de <i>Pristis pristis</i>	103
2.2. Hábitat del pez sierra en Ecuador	106
2.3. Usos y consumo de pez sierra en Ecuador	106
3. Percepción del estado actual del pez sierra en Ecuador	107
4. Perspectivas futuras para el pez sierra <i>P. pristis</i>	107
Bibliografía	108

Introducción

Los peces sierra de la familia Pristidae, corresponden a cinco especies agrupadas en dos géneros: *Pristis* y *Anoxypristis* (Faria et al. 2013). *P. pristis* tiene una distribución circumtropical; *P. clavata*, *P. zijsron* y *A. cuspidata* son propios de la región Indo-Pacífico occidental, mientras que *P. pectinata* es propio del Atlántico. Estos organismos viven la mayor parte de su vida en aguas marinas poco profundas y cercanas a la costa, con influencia de agua, en muchos casos asociándose a áreas con cobertura de manglar y/o pastos marinos (Simpfendorfer, 2000; Carlson et al. 2013; Moore, 2014). La estrecha distribución, limitada por zonas de costa, ha sido la principal causa del declive de sus poblaciones, ya que son propensos a la captura incidental con redes de pesca (Compagno y Cook, 1995).

Los peces sierra se encuentran dentro del grupo de los elasmobranchios, alcanzan tallas de más de cinco metros de longitud total (Lt) (Faria et al. 2013). La característica que diferencia a los peces sierra de los tiburones y otras rayas es un hocico (o “rostro”) alargado y aplanado, rodeado por dientes grandes y fuertes a ambos lados (Faria et al. 2013). En general son consideradas especies longevas, pueden alcanzar la madurez a los siete años, en el caso de *P. pristis* (Fernández-Carvalho et al. 2013). Durante su etapa juvenil suelen encontrarse en aguas eurihalinas costeras y en estuarios, logrando penetrar hasta 1000 km río arriba (Fernández-Carvalho et al. 2013; Poulakis et al. 2013).

Todas las especies del pez sierra se consideraban valiosas por su carne y sus aletas, usado para consumo humano; pero además ha sido capturado por el rostro, usado en medicina tradicional y en la talla de espuelas para peleas de gallos (Last y Stevens, 1994; Charvet-Almeida 2002; Doumbouya 2004). Los usos tradicionales y el consumo de su carne han provocado el declive de las poblaciones, e incluso la extinción del ambiente marino en varios países de América como México y Guatemala. En Ecuador y Perú, a partir del 2014, se ha reportado el avistamiento de *P. pristis* (Mendoza et al. 2017; observaciones del autor), lo que ha permitido desarrollar este estudio con el objetivo final de aportar al conocimiento

de la especie y ayudar a su conservación en aguas ecuatorianas.

La información presentada en este trabajo incluye un análisis histórico del pez sierra en Ecuador, basado en los resultados y entrevistas personales a pescadores (Anexo 1), desde su consideración como especie considerada extinta en aguas ecuatorianas, la percepción sobre su presencia, uso, y conservación, así como perspectivas futuras para generar estrategias de conservación y mantenimiento de las poblaciones.

1. El pez sierra en el mundo

1.1. Registros históricos

En el pasado, las cinco especies de pez sierra se consideraban comunes en hábitats marinos costeros, esteros, ríos y algunos lagos de zonas tropicales y templadas. Sin embargo, en la actualidad el impacto de las actividades humanas ha mermado sus poblaciones; por ejemplo, *P. pristis* estaba presente en 76 países, actualmente se registra en tan solo 20, en otros 27 se considera con presencia incierta, y como extinta en otros 29 países, incluyendo la totalidad de Europa y el mar Mediterráneo (IUCN, 2019).

En América, los registros del pez sierra (*P. pristis*), eran comunes en los lagos de Centroamérica, en especial Nicaragua, país que contaba con una población numerosa, lo que le permitió en 1970 (con total desconocimiento biológico) el desarrollo de una pesquería enfocada a este recurso, y que apenas tres años más tarde fue reevaluada como un error, debido a la reducción drástica de poblaciones de este pez (Thorson, 1982).

La pesca indiscriminada de esta especie, para 1975, reportó una captura de 60 000 a 100 000 individuos (Thorson, 1976); para la década de 1980, las capturas ascendieron a 150 250 ejemplares (McDavitt, 2002). Diez años fueron suficientes para diezmar la población de *P. pristis*, ya que a partir de la década de los 90s, las capturas decrecieron notablemente, al punto de que estos peces fueron desapareciendo de muchas costas, al punto de reportar para 1998, pesca de tan solo seis individuos (McDavitt, 2002).

En respuesta a una moratoria de no pesca propuesta a finales de la década de los 90s (McDavitt, 2002), las capturas de esta especie comenzaron a suceder solo de forma incidental, es decir producto de la pesca enfocada a otros recursos. En Ecuador, un estudio realizado por investigadores y estudiantes de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y la organización Planeta Océano de Perú, durante el 2014 y 2015, confirmó que las redes de enmalle pueden atrapar incidentalmente esta especie, y que el uso de redes monofilamentosas, es la principal causa de la captura incidental de estos organismos en la actualidad.

1.2. Estado global de conservación

La disminución de las poblaciones del pez sierra, obligaron a la comunidad pesquera a limitar sus capturas y a los gobiernos a formular normas y leyes que permitan la recuperación de estas poblaciones, algunas de estas normas son: la Ley de protección del medio ambiente y conservación de la biodiversidad de 1999 del Commonwealth de Australia (Departamento de Medio Ambiente, 2014a, b,c) y la Ley de Especies en Peligro de los Estados Unidos, que hace ilegal tanto las capturarlas como el lesionarlas. A pesar de estos esfuerzos, *P. pristis* se considera en peligro inmediato de extinción (IUCN, 2019). En algunas reservas naturales se han logrado mantener poblaciones, resultado directo de la aplicación de normas y leyes ambientales que prohíben la explotación de aguas costeras y ríos. En las reservas naturales del estado de Florida, en Estados Unidos de Norte América, se calcula la presencia de aproximadamente dos mil ejemplares del pez sierra *P. pectinata* (Chapman et al. 2011), mientras que, en Australia, las poblaciones de *Pristis clavata*, *Pristis pristis* y *Pristis zijsron* están clasificadas como “vulnerables” y prohibida su captura y comercialización. Para el año 2012, el Grupo de Especialistas en Tiburones de la Unión Internacional para la Conservación

de la Naturaleza, se reunieron para generar la Estrategia Global para la Conservación de los Peces Sierra (IUCN, 2020). Esta iniciativa se ha convertido en la estrategia adoptada por los países interesados en recuperar y mantener estas especies, minimizando las amenazas a través del manejo de pesquerías, protección de especies, conservación del hábitat, y la investigación estratégica. Al año 2017, solo las Bahamas y Costa Rica se habían unido a este esfuerzo global (IUCN, 2020), se espera que otros países adopten la estrategia y se logre recuperar y reintroducir a esta especie en su rango de distribución global original.

2. Estudio de *Pristis pristis* en Ecuador

El interés por la conservación de la biodiversidad en América Latina se ha incrementado en las últimas dos décadas, a partir del 2000, año en el que organizaciones civiles y la comunidad científica comienzan a unir esfuerzos para identificar áreas prioritarias de conservación y las especies que las habitan. En Ecuador, durante el año 2015, investigadores de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí en conjunto con la organización peruana Planeta Océano, emprendieron un estudio basado en entrevistas en las comunidades pesqueras situadas a lo largo de la costa, desde Machala en el sur hasta San Lorenzo en el norte del Ecuador continental (Fig. 1), con la finalidad de identificar la presencia de *P. pristis* y posibles áreas de distribución, este trabajo se encuentra en preparación para su publicación. En esta relatoría, se presenta la información general del trabajo realizado con las comunidades pesqueras que fueron divididas en tres secciones: el norte que incluyó San Lorenzo, Río Verde, Borbón, Esmeraldas, Sua; el centro Muisne, Monpiche, Pedernales, Canoa, San Vicente, Isla Corazón, Bahía de Caráquez, Crucita, San Jacinto, Jaramijó, Manta; y el sur Santa Elena, Anconcito, Chanduy, Playas Villamil, Posorja, Isla Puna, El Morro, y Guayaquil (Fig. 1).

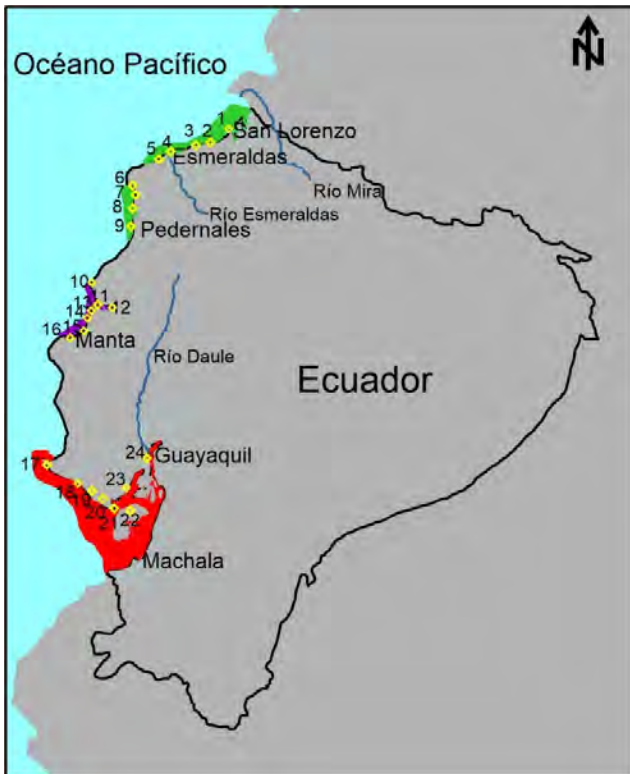


Figura 1.- Localidades contempladas en el estudio de *P. pristis* en Ecuador. Área norteen color verde 1- San Lorenzo, 2- Río Verde, 3- Borbón, 4- Esmeraldas, 5- Sua. Área central de color purpura, 6- Muisne, 7- Monpiche, 8- Pedernales, 9- Canoa, 10- San Vicente, 11- Isla Corazón, 12- Bahía de Caráquez, 13- Crucita, 14- San Jacinto, 15- Jaramijó, 16- Manta. Y área sur en color rojo, 17- Santa Elena, 18- Anconcito, 19- Chanduy, 20- Playas Villamil, 21- Posorja, 22- Isla Puna, 23- El Morro, y 24- Guayaquil.

2.1. Captura y tallas de *Pristis pristis*

De acuerdo con las entrevistas aplicadas en la costa continental ecuatoriana, este pez tiene varios nombres comunes, se le llama pez peine, guacapa, catana, guitarra sierra, catanuda, pez espinilla, pez motosierra y serrucho. En la zona norte, el nombre más común es guacapa. En el año de 1960 se señaló el primer reporte de pez sierra en Ecuador, sin embargo, entre los años 1985 y 1996 se encontró el mayor número de avistamientos (Fig. 3). La presencia del pez sierra en Ecuador es constante lo largo de toda la costa, con avistamientos aislados de un individuo (41.7% de los entrevistados) y de hasta tres individuos (40.9% de los entrevistados). Los reportes de avistamientos, entre los años 2010 a 2015, mostraron también su presencia a lo largo de toda la costa del Ecuador continental, sumando un total de 30 avistamientos (Fig. 4).

En este estudio, 395 pescadores de entre 25 y 85 años fueron entrevistados. Todos solían pescar en áreas cercanas al punto de entrevista y a no más de 10 millas náuticas (mn) de la costa. Del total entrevistado, 139 confirmaron la observación de *P. pristis* durante alguna etapa de su vida (Fig. 2). Los pescadores suelen iniciar su vida pesquera a partir de los 22 años, en promedio, pero existen personas que han iniciado sus actividades pesqueras siendo mayores, entre los 45 y 70 años (Fig. 2).

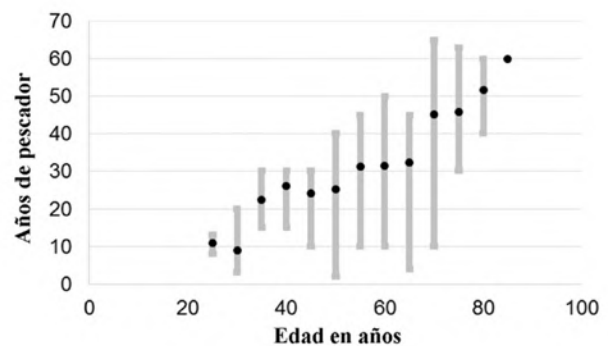


Figura 2.- Edad de los Pescadores y años de actividad Pesquera. Los puntos negros representan el promedio de años como pescador y la barra gris el mínimo y máximo tiempo en actividades pesqueras.

Un registro de relevancia se produjo en el año 2014, cuando se reportó una hembra de pez sierra, de aproximadamente 506 cm de longitud total, fue capturada y transportada al puerto de Santa Rosa de Salinas, provincia de Santa Elena. Como nota interesante, se logró que autoridades del Puerto liberen a esta hembra (Fig. 5).

Aparentemente, de acuerdo con las entrevistas realizadas, los periodos de julio a septiembre y de enero a marzo, son los de mayor avistamiento de esta especie en Ecuador (Tabla 1). En estos avistamientos la longitud estimada, en la mayoría de los organismos, estuvo entre 100 y 500 cm de longitud total, aunque hubo al menos cinco individuos con tallas mayores a 500 cm, además de ocho con tallas cercanas a los 50 cm.

Meses	Frecuencia	Talla 50 cm	Talla 100-200 cm	Talla 200-500 cm	Talla más de 500 cm
Julio-Septiembre	34	3	11	19	1
Octubre-Diciembre	2		1		1
Enero-Marzo	39	5	14	17	3
Abril-Junio	1			1	
Total	76	8	26	37	5

Tabla 1.- Reportes de avistamiento de pez sierra por meses en Ecuador, se presenta la talla aproximada del avistamiento.

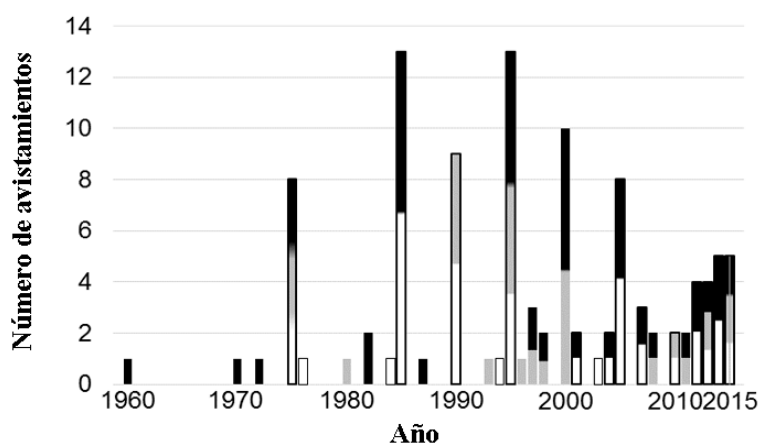


Figura 3.- Número de avistamientos de pez sierra en Ecuador basado en las respuestas de los pescadores. El color negro representa el área norte, el color gris representa el área central, y blanca representa el área sur.

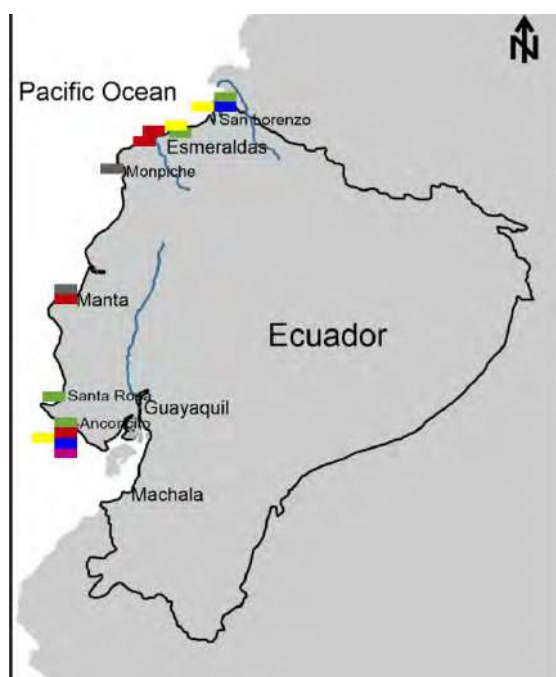


Figura 4.- Reportes de avistamiento de pez sierra entre 2010 y 2015. Reporte para 2015 en color rojo, reportes para 2014 en verde, reportes para 2013 en color azul, reportes para 2012 en color amarillo, reportes para el 2011 en color gris, y reportes para el 2010 en color rosa.



Figura 5. Pez sierra *P. pristis* capturado y liberado en el puerto de Santa Rosa de Salinas Ecuador durante el 2014 (foto del autor).

El 44,6% de los entrevistados mencionaron que el individuo capturado, fue liberado con vida y que el animal se alejó de la embarcación, en buen estado; mientras un 36.8% mencionó que el individuo capturado murió y fue transportado para su venta al puerto; el resto no proporcionó información clara. Los instrumentos de pesca utilizados y que propician la captura incidental de este pez, son las redes de arrastre y las redes de

enmalle de monofilamento, utilizadas a lo largo de toda la costa (Fig. 6); Para la captura directa, son las líneas de mano las que han capturado el mayor número de peces sierra (53 organismos) (Tabla 2). Sin embargo, cualquier tipo de arte de pesca puede ser un instrumento, donde pueden quedar atrapadas estas especies, posiblemente relacionado al enmalle del rostro, como se observa en la figura 5.

Tabla 2. Talla aproximada de los peces sierra avistados en Ecuador y el instrumento de pesca utilizado en su captura.

Talla	Instrumento para la pesca									
	Red de arrastre	Red de pesca	Red langostera	Red de arrastre costera	Espinel	Palangre	Red camaro nera	Red de lastre	Línea de mano	Sin respuesta
100-200 cm	0	3	1	1	2	3	0	1	17	16
200-500 cm	2	8	5	0	2	1	1	3	24	15
>500 cm	0	3	0	0	1	0	0	0	8	5
50 cm Aproximado	0	1	1	1	2	1	0	0	4	7
Total	2	15	7	2	7	5	1	4	53	43

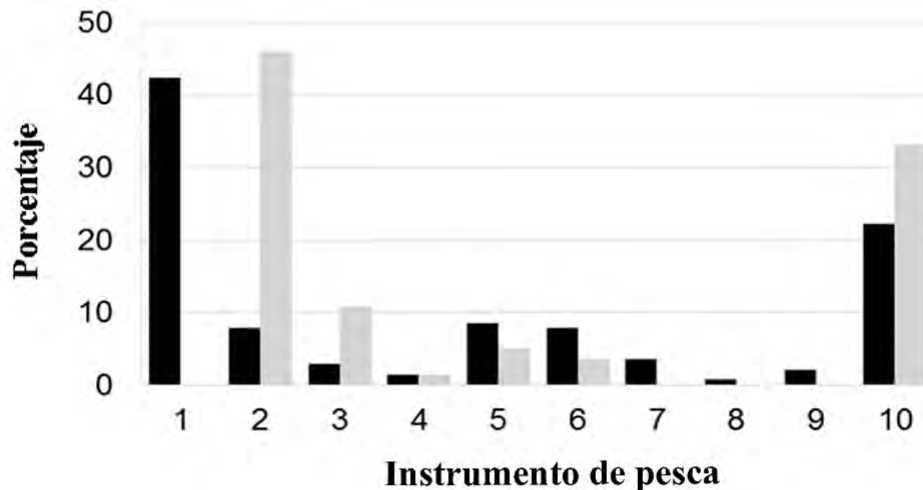


Figura 6.- Porcentajes de uso de los instrumentos de pesca utilizados en la actualidad en Ecuador por la flota artesanal (barras Negras) y porcentaje de reportes de pesca incidental de pez sierra por instrumento de pesca (barras de color gris), datos obtenidos de las encuestas aplicadas a los pescadores. 1 redes de arrastre, 2 redes de enmalle de monofilamento, 3 redes langosteras, 4 redes de arrastre costeras, 5 espinel, 6 palangre, 7 redes camaroneras, 8 red de lastre, 9 línea de mano, 10 sin respuesta.

2.2. Hábitat del pez sierra en Ecuador

Considerando las respuestas de los pescadores, se identificó que las áreas donde este animal habita en el Ecuador, se encuentra entre dos y cinco millas náuticas desde la costa, en profundidades no mayores a 30 metros, en las que predominaban los fondos arenosos con pocas roca; mientras que en las áreas costeras, tanto al norte como al sur, el hábitat preferencial son los canales y ríos, con fondos fangosos y áreas extensas de cobertura de manglar, similar a lo reportado para otras especies, como *Pristis pectinata* en Florida (Poulakis y Seitz, 2004), estos hábitats tienen poca profundidad, máximo de siete metros. Como se ha mencionado en todo el texto, los peces sierra no son especies objetivo de las capturas en Ecuador, sin embargo, se los reportan como especies incidentales en la pesca de otros peces y del camarón.

2.3. Usos y consumo de pez sierra en Ecuador

Las entrevistas realizadas en Ecuador indicaron que, los peces sierra capturados incidentalmente, pueden ser comercializados por venta directa, a través de comerciantes de pescado, venta de los dientes a galleros, a turistas, y en pocas ocasiones para el consumo de carne a familias de pescadores de la misma localidad. Resultados que coinciden

con el comercio y los usos reportados para Brasil (Charvet-Almeida, 2002). En Ecuador, solo el 15,1% de los entrevistados mencionó que la carne del pez sierra es comercializada y consumida por el humano, mientras que el 45% indicó que vendieron al pez, exclusivamente por el interés en el rostro y los dientes por parte del comprador, declarado además tener un fin para “adorno”, para “recuerdo” o para ser usados como espuelas en las peles de gallos (Fig. 7).



Figura 7. Diente de pez sierra transformado en espuela para las peles de gallos en Ecuador.

3. Percepción del estado actual del pez sierra en Ecuador

La percepción para el 2015, mostró que el 60,4% de los pescadores piensan que esta especie se encuentra en declive y que las causas de su disminución, sustentado en los propios avistamientos, son la sobre pesca, la migración a otras regiones, el incremento del tráfico de embarcaciones, el cambio de los artes de pesca hacia el uso de redes de enmalle, aumento de la contaminación del hábitat, los efectos negativos del cambio climático, y el incremento de la captura y tráfico de organismos pequeños. Afortunadamente, el 89,0% de los pescadores entrevistados mencionó que es necesario que el pez sierra se proteja y que aumente su población, eso beneficiará directamente a la economía de los pobladores y al país, ya que es una especie con potencial para el desarrollo del turismo de naturaleza, es una especie carismática y amigable ya que no se aleja al sentir la presencia del ser humano, fue la respuesta de los pescadores. Los entrevistados mostraron preocupación por el futuro de esta especie, ya que la consideran como una especie dócil a la que no temen, por lo que puede ser fácilmente capturada por pescadores furtivos, además expresaron que es necesario que se invierta en estudios para conocer la distribución, movilidad y abundancia de esta especie en Ecuador.

4. Perspectivas futuras para el pez sierra *P. pristis*

Se trata de una especie que habitaba con abundancia en aguas de la costa ecuatoriana, hasta llegar a ser considerada extinta en el territorio ecuatoriano durante la década de 1990 y hasta el 2010 (Aguilar, 2010). La evidencia actual demuestra que aún habitan en los sistemas acuáticos del país. La presencia de este organismo en Ecuador continúa siendo escasa, sin embargo, lo expuesto en este documento evidencia la necesidad de más estudios y conocimiento de esta especie; y por supuesto, de acciones para su conservación y manejo. Esta especie está expuesta al mayor riesgo de desaparecer, incluso dentro de las otras especies de peces sierra, ya

que es la que ha registrado el mayor declive poblacional (disminución del 81%); sumado a que ha disminuido su hábitat preferencial (manglares) y soportado un claro deteriorado en la calidad de sus aguas.

Hay que tomar en cuenta que *P. pristis* es un organismo que se encuentra en el grupo de especies con una tasa intrínseca de crecimiento poblacional baja, de apenas 0.05 al año, y con un tiempo de duplicación poblacional de 13 años (Buckley et al., 2019). Esto significa que la recuperación puede ser lenta, se requerirá de un esfuerzo nacional en conservación y recuperación de esta especie que durará décadas para obtener resultados tangibles. A pesar de la difícil tarea para obtener los resultados, es necesario que el gobierno y la sociedad ecuatoriana sumen esfuerzos en la investigación, manejo y conservación de esta especie. Es necesario implementar proyectos de búsqueda y rescate de organismos en el medio natural, con la finalidad de comenzar programas de reproducción asistida, crecimiento y posterior liberación de individuos en el ambiente.

En Ecuador, mediante Decreto Ejecutivo N° 902 del 1 de febrero de 2008, publicado en el Registro Oficial N° 274 del 15 de febrero de 2008, se establece una normativa de protección para el pez sierra (*Pristis pristis*), dentro de las regulaciones de protección para especies altamente migratorias. Sin embargo, es necesario que Ecuador y todos los países americanos que anteriormente tenían poblaciones estables de esta especie, sigan y apliquen las recomendaciones de la Estrategia Global para la Conservación del pez sierra, generada por el Grupo de Especialistas en Tiburones, que plantea la creación o reforzamiento de medidas regulatorias que castigan su comercialización a nivel nacional y regional, que prohíbe la captura internacional, que debería minimizar la mortalidad por captura incidental, proteger el hábitat, y generar estrategias en educación ambiental, medidas que trasciendan a generaciones futuras, para el cuidado y conservación de este emblemático pez.

Bibliografía

- Aguilar, F. (2010). Desaparición de la catanuda (*Pristis pristis*) en aguas ecuatorianas. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 4: 1-3.
- Buckley, K.A., Crook, D.A., Einoder, L.D., Pillans, R.D., Smith, L.D.G., y Kyne, P.M. (2019). Movement behaviours and survival of largetooth sawfish, *Pristis pristis*, released from a public aquarium. *Aquatic Conserv: Marine and Freshwater Ecosystems*;1–19. DOI: 10.1002/aqc.3400
- Carlson, J.K., Gulak, S.J.B., Simpfendorfer, C.A., Grubbs, R.D., Romine, J.G., y Burgess, G.H. (2013). Movement patterns and habitat use of smalltooth sawfish, *Pristis pectinata*, determined using pop up satellite archival tags. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 24: 104-117.
- Compagno, L.J.V., y Cook, S.F. (1995). The exploitation and conservation of freshwater elasmobranchs: status of taxa and prospects for the future. En: M.I. Oetinger y G.D. Zorzi (Eds.) *The biology of Freshwater Elasmobranchs. The Journal of Aquaculture and Aquatic Science*, 7: 62-90.
- Chapman, D.D., Colin, A.S., Wiley, T.R., Poulakis, G.R., Curtis, C., Tringali, M., Carlson, J.K., y Feldheim, K.A. (2011). Genetic diversity despite population collapse in a critically endangered marine fish: the smalltooth sawfish (*Pristis pectinata*). *Journal of Heredity*, 102: 643-652.
- Charvet-Almeida, P. (2002). Sawfish trade in the North of Brazil. *Shark News* 14: 9. Newsletter of the IUCN Shark Specialist Group. Naturebureau, Newbury, UK.
- Departamento de Medio Ambiente “Department of the Environment” (2014)a. *Pristis clavata* in Species Profile and Threats Database, Department of the Environment, Canberra. <http://www.environment.gov.au/sprat>.
- Departamento de Medio Ambiente “Department of the Environment” (2014)b. *Pristis pristis* in Species Profile and Threats Database, Department of the Environment, Canberra. <http://www.environment.gov.au/sprat>.
- Departamento de Medio Ambiente “Department of the Environment” (2014)c. *Pristis zijsron* in Species Profile and Threats Database, Department of the Environment, Canberra. <http://www.environment.gov.au/sprat>.
- Doumbouya, F. (2004). Rapport sur la preparation du PAN Requin Guinéen et le dossier r de la raie *Pristis*. Report to the Sub Regional Fisheries Commission from the Département Pêche Artisanale, Ministère de la Pêche et de l’Aquaculture, Conakry, Republic de Guinée.
- Faria, V.V., Mcdavitt, M.T., Charvet, P., Wiley, T.R., Simpfendorfer, C.A., y Naylor, G.J. (2013). Species delineation and global population structure of critically endangered sawfishes (*Pristidae*). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 167: 136-164.
- Fernández-Carvalho, J., Imhoff, J.L., Faria, V.V., Carlson, J.K., y Burgess, G.H. (2013). Status and the potential for extinction of the largetooth sawfish *Pristis pristis* in the Atlantic Ocean. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* DOI: 10.1002/aqc.2394.
- IUCN. (2019). The IUCN red list of threatened species. Versión 2019-2. Consultado julio 2019.
- IUCN. (2020). Saving Sawfishes: Progress and Priorities. <http://www.iucnssg.org/uploads/5/4/1/2/54120303/sawfish-lr-spreads.pdf>. Consultado noviembre 2020.
- Last, P.R., y Stevens, J.D. (1994). *Sharks and rays of Australia*. CSIRO Australia. 513 pp.

- McDavitt, M.T. (2002). Lake Nicaragua revisited: conversations with a former sawfish fisherman. Shark News 14: 5. Newsletter of the Shark Specialist Group. Naturebureau, Newbury, UK.
- Mendoza, A., Kelez, S., Gonzalez-Cherres, W., y Maguiño, R. (2017). The largetooth sawfish, *Pristis pristis* (Linnaeus, 1758), is not extirped from Peru: new records from Tumbes. Check List, 13: 261-265.
- Moore, A.B.M. (2014). Sawfishes (Pristidae) in the Arabian region: history, diversity, distribution, and conservation. Aquatic Conservation - Marine and Freshwater Ecosystems.
- Poulakis, G.R., y Seitz, J.C. (2004). Recent occurrence of the smalltooth sawfish, *Pristis pectinata* (Elasmobranchiomorphi: Pristidae), in Florida bay and the Florida keys, with comments on sawfish ecology. Biological Sciences, 67: 27-35.
- Poulakis, G.R., Stevens, P.W., Timmers, A.A, Stafford, C.J., y Simpfendorfer, C.A. (2013). Movements of juvenile endangered smalltooth sawfish, *Pristis pectinata*, in an estuarine river system: use of non-main-stem river habitats and lagged responses to freshwater inflow-related changes. Environmental Biology of Fishes, 96: 763-778.
- Simpfendorfer, C.A. (2000). Predicting population recovery rates for endangered western Atlantic sawfishes using demographic analysis. Environmental Biology of Fishes, 58: 371-377.
- Thorson, T.B. (1976). Observations on the reproduction of the sawfish, *Pristis perotteti*, in Lake Nicaragua, with recommendations for its conservation, pp. 641-650. En: Thorson, T.B.(Ed.), Investigations of the Ichthyofauna of Nicaraguan Lakes, Univ. Nebraska, Lincoln.
- Thorson, T.B. (1982). The impact of commercial exploitation on sawfish and shark populations in Lake Nicaragua. Fisheries American Fisheries Society, 7: 2-10.

Anexo 1. Encuesta aplicada

Datos de control

Número:

Fecha:

Comunidad:

Nombre del encuestador:

Edad:

Sexo:

Actividad/profesión:

Años como pescador:

Arte y aparejo pesca utilizado:

Lugares/zonas de pesca frecuentados:

1. ¿Conoces a este pez? (se muestra la foto del pez sierra)
2. ¿Cuál es el nombre que se le da a esta especie en tu localidad?
3. ¿Alguna vez has visto a esta especie, viva o muerta?
4. ¿En qué momentos lo ha visto? Seleccionar opciones
Nadando vivo: ¿Dónde?
Muerto: ¿Dónde?
Capturado en una embarcación: ¿Dónde?
En un mercado: ¿Lugar?
Varado en la playa: ¿nombre del sitio?
5. ¿Cuándo fue la última vez que vio a esta especie?
6. ¿En qué meses vio a esta especie?
7. ¿Qué tamaño tenía el ejemplar que vio?
8. En caso de ser capturado ¿Qué tipo de instrumento se usó en la captura?
9. ¿Cuántas veces ha visto a esta especie?
10. ¿En qué lugar se observa o se solía observar a esta especie?
11. ¿Es esta información de su experiencia personal o de la experiencia de otra persona?
12. ¿Usted ha capturado alguna vez a esta especie?
13. ¿Ha notado algún cambio en la cantidad de peces sierra en su localidad?
14. ¿A qué cree que se deba este cambio?
15. ¿Qué uso se le da a la carne, aletas, y sierra del pez sierra en su localidad?
16. ¿Está usted interesado en que se conserve a esta especie? ¿Por qué?
17. ¿Es esta especie agresiva o representa problemas a los pescadores?

Distribución de tallas de picudos y tiburones en la pesquería artesanal ecuatoriana

Pincay-Espinoza Jonathan¹, Loor-Andrade Peggy² y Rosas-Luis Rigoberto^{3,4}

¹Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Viceministerio de Acuicultura y Pesca, Puerto Pesquero Artesanal de San Mateo, Manta, Manabí, Ecuador. jona.eduar@hotmail.com

²Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta 130802, Ecuador. peggysue.loor@gmail.com

³Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013. riroluis@yahoo.com.mx

⁴Cátedras CONACyT-Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013.

Resumen

Las especies de peces pelágicos grandes y tiburones en Ecuador representan el principal grupo objetivo en las capturas desembarcadas por la flota artesanal, conformada por barcos nodriza y embarcaciones de fibra de vidrio, que utilizan como arte de pesca el palangre grueso y la red de multifilamento. Este trabajo tiene como objetivo analizar la composición de tallas, sexo y patrones estacionales en los desembarques de tiburones y picudos. Se presenta el resultado del monitoreos sobre desembarques, en capturas comerciales, realizadas durante los meses de julio de 2013 hasta junio de 2015, en las localidades pesqueras de Playita Mía, Manta (provincia de Manabí) y Santa Rosa, Salinas (provincia de Santa Elena). La información obtenida corresponde a cinco especies de tiburones (*Alopias pelagicus*, *Alopias superciliosus*, *Carcharhinus falciformis*, *Isurus oxyrinchus* y *Prionace glauca*) y cuatro especies de picudos (*Istiophorus platypterus*, *Kajikia audax*, *Makaira nigricans* y *Xiphias gladius*).



Contenido

Introducción.....	113
¿Cómo se realizó el estudio?.....	114
1. Área de trabajo.....	114
1.1. Registro de longitud y sexo	115
1.2. Comparación de tallas entre machos y hembras.....	115
1.3. Determinación de la proporción sexual.....	115
1.4. Variación estacional en desembarques	115
2. Los resultados obtenidos y su significado para el ecosistema	115
2.1. Generalidades	115
2.2. Composición de las tallas en tiburones	115
2.3. Composición de las tallas en picudos.....	116
2.4. Proporción sexual en tiburones y picudos.....	117
2.5. Variación estacional en el número de tiburones y picudos desembarcados	117
3. Recomendaciones para estudios futuros	118
Agradecimientos	119
Bibliografía	119

Introducción

Los tiburones y peces picudos en el Océano Pacífico Oriental (OPO) constituyen importantes recursos pesqueros para el consumo humano (Fisher et al. 1995a; 1995b), además, conforman un grupo que se encuentra ampliamente distribuido en todos los océanos (Fisher et al. 1995a; Nelson, 2006). Las especies de tiburones *Alopias pelagicus* y *A. superciliosus* pertenecen a la familia Alopiidae, son de hábitos marino-costeros/oceánicos, y se encuentran a profundidades mayores de 500 m en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico; el tiburón tinto *Isurus oxyrinchus*, de la familia Lamnidae, habita aguas continentales e insulares a unos 1200 m de profundidad y se distribuye en los océanos Atlántico, Índico y Pacífico; mientras, el tiburón mico o sedoso (*Carcharhinus falciformis*) y el azul o aguado (*Prionace glauca*), son especies de la familia Carcharhinidae, que se distribuyen a lo largo de los océanos Atlántico, Índico y Pacífico, en aguas tropicales y templadas (Fisher et al. 1995a; Nelson, 2006; Martínez-Ortiz y García-Domínguez, 2013). En relación con los picudos, dos familias, Istiophoridae y Xiphidae, se distribuyen en aguas del Pacífico Suroriental, la primera contiene a las especies *Istiophorus platypterus*, *Kajikia audax* y *Makaira nigricans*, y la segunda a la especie *Xiphias gladius*. Estas dos familias habitan ambientes marinos tropicales y subtropicales a nivel mundial (Nelson, 2006).

En Ecuador, los tiburones y picudos son explotados principalmente por pesquerías artesanales que operan cerca de las costas o en aguas oceánicas, son capturados como pesca objetivo en el caso de los picudos, y como pesca incidental en el caso de los tiburones. Los dos grupos forman parte de las capturas de pesquerías dirigidas hacia peces pelágicos grandes, pescados principalmente con palangre o espinel de superficie y con redes de enmalle de media agua (Martínez-Ortiz y García-Domínguez, 2013). La flota palangrera artesanal del Ecuador realiza faenas de pesca durante todo el año, para lo cual emplean dos tipos de anzuelos (denominados grueso y fino), según la temporada de pesca y disponibilidad de los recursos; utilizando el tipo J con tamaño 36 y 38, además del tipo C (circular) con tamaño 16, dirigidos hacia capturas de picudos y atunes; y por otro lado el anzuelo “fino o doradero” (principalmente

enfocado a la pesca del dorado *Coryphaena hippurus*), donde se emplean anzuelos tipo J con tamaño 3, 4 y 5, y tipo C con tamaño 14 y 15. Por otro lado, los pescadores de Santa Rosa, utilizan la red de enmalle de superficie, la cual está constituida de material de poliamida (PA) multifilamento de color verde, con un tamaño de ojo de malla estirada y variable entre 102 a 152 mm (4 a 6 pulgadas), construyendo redes con longitudes de 907,50 a 1830,00 m, con alturas que oscilan entre 6,40 y 18,00 m (Coello et al. 2010).

Las especies de tiburones que constituyen el mayor volumen de desembarque en el Ecuador son *A. pelagicus*, seguido de *P. glauca*; *Carcharhinus falciformis* es la especie que ocupa el tercer lugar en los desembarques (capturada principalmente con redes de cerco industrial), mientras que *Isurus oxyrinchus* y *A. superciliosus* tienen anualmente volúmenes de desembarque menor, con aproximadamente el 2% y 3%, respectivamente (Martínez-Ortiz y García-Domínguez, 2013; Coello y Herrera, 2018). De acuerdo con estudios realizados por Coello et al. (2010) y Abo-Tubikh (2014), entre las principales especies de peces pelágicos grandes que son desembarcados en el Ecuador se encuentran el bonito (*Katsuwonus pelamis*), el atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), el atún ojo grande (*T. obesus*), el dorado (*Coryphaena hippurus*), y el wahoo (*Acanthocybium solandri*); mientras que en el caso de los picudos, con capturas menores, están el picudo blanco (*M. nigricans*), pez espada (*X. gladius*) y picudo gacho (*K. audax*) con un promedio de 7700 toneladas anuales (Cabanilla, 2007).

Actualmente, la pesca a nivel mundial ha provocado la disminución de ciertos recursos marinos, en aproximadamente un 60% (Junning y PingSun, 2017), y son principalmente tiburones los más afectados, provocando que muchos organismos se encuentren en alguna categoría de especies en peligro de extinción y sean mencionadas dentro de la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, UICN (Ferretti et al. 2007; Dulvy et al. 2008; Polidoro et al. 2012; IUCN, 2020).

Los picudos, sin embargo, se han visto menos afectados en la disminución de sus poblaciones de acuerdo con lo reportado por la IUCN (2020), esto posiblemente a sus características biológicas que les permiten ser más resilientes a la pesca, cambios climáticos o del ecosistema, por lo que están catalogados como especies en preocupación menor para *I. platypterus* y *X. gladius*; mientras que *K. audax* y *M. nigricans*, como casi amenazado y vulnerable, respectivamente (Collette et al. 2011a; 2011b; 2011c; 2011d). Los tiburones por otro lado, debido a sus características biológicas sensibles como ciclos de vida largos, crecimiento tardío y bajas tasas de natalidad (Cortés, 2000), son el grupo más afectado producto de su interacción con la pesca; por ejemplo, *A. pelagicus* e *I. oxyrinchus* están catalogados como en peligro de extinción a nivel mundial (Rigby et al. 2019a; 2019b), *C. falciiformis* y *A. superciliosus* como vulnerables (Rigby et al. 2017; 2019c), y el tiburón azul (*P. glauca*) como casi amenazado (Rigby et al. 2019d).

Debido a que estas especies son importantes recursos en el ámbito pesquero del Ecuador, además de ser considerados como depredadores topos en el ecosistema marino (Rosas-Luis

et al. 2016; 2017), la información que aporte conocimiento sobre su biología es trascendente; por lo cual, este trabajo presenta información sobre la estructura de tallas, proporción sexual y patrones estacionales (en relación con el desembarque en número) de estas especies, capturadas por la flota artesanal.

¿Cómo se realizó el estudio?

1. Área de trabajo

Para obtener la longitud y el sexo de los individuos, se realizaron muestreos diarios y quincenales de los desembarques de tiburones y picudos, en las localidades de Playita Mía, Manta, Manabí (02°13'0"S y 80°58'0"W) y Santa Rosa, Salinas, Santa Elena (0°56'59"S y 80°42'34"W) (Figura 1), entre julio de 2013 a junio de 2015. En estos puertos, tiburones y picudos son capturados principalmente por pesquerías artesanales, que están conformadas por embarcaciones nodrizas y de fibras de vidrio, que utiliza como arte de pesca el palangre y redes de enmalle de superficie; y que realiza faenas de pesca a aproximadamente 40 a 200 millas náuticas de distancia de la costa (Rosas-Luis et al. 2016).

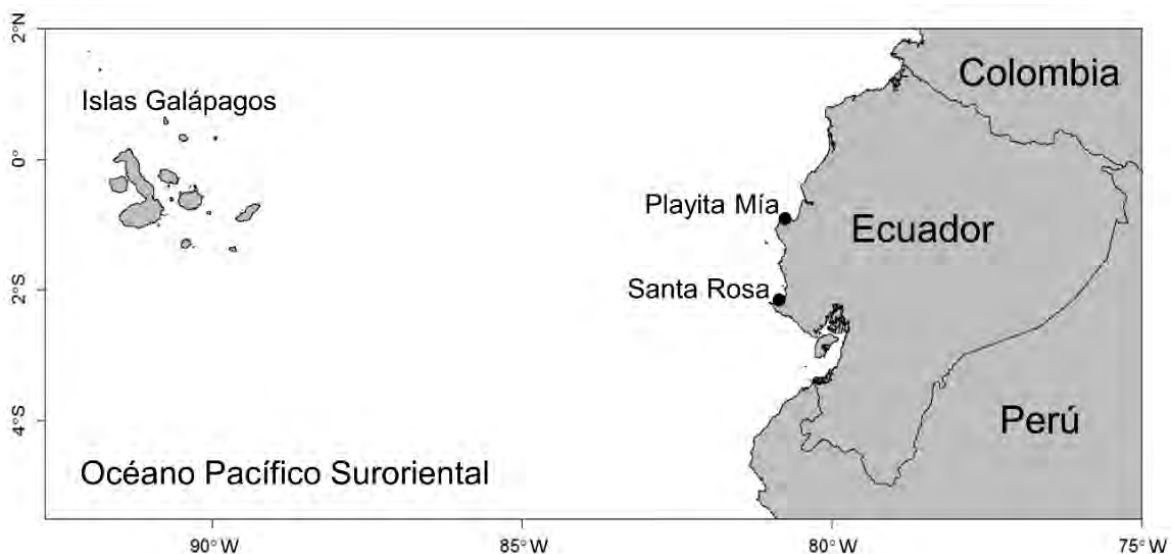


Figura 1. Localidades de muestreos de picudos y tiburones en zonas de desembarque de pesca en el Ecuador. Los puntos negros son las localidades de Playita Mía (provincia de Manabí) y Santa Rosa (provincia de Santa Elena).

1.1. Registro de longitud y sexo

Los tiburones y peces picudos fueron inicialmente identificados, utilizando las guías propuestas por Fischer et al. (1995a; 1995b). Cada organismo fue medido, utilizando una cinta métrica (0.1 cm de precisión), para el caso de los tiburones se registró la longitud precaudal (L_p , cm), mientras que para los picudos se registró la longitud furcal (longitud entre la mandíbula inferior y la horquilla de la aleta cauda, L_f , cm). El sexo de los tiburones fue registrado mediante observación de las aletas ventrales, en busca de la presencia o ausencia del gonopterigio (órgano copulador externo del macho), mientras que para los picudos el sexo solo pudo ser determinado por la diferenciación directa de las gónadas en cada organismo.

1.2. Comparación de tallas entre machos y hembras

Se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk, para descartar o aceptar la normalidad en la distribución de los datos. Las diferencias entre longitudes para machos y hembras, dentro de cada especie, fueron analizadas aplicando la prueba t -Student para datos con normalidad y homogeneidad, mientras que la prueba U de Mann-Whitney, para datos que no cumplieron los supuestos estadísticos.

1.3. Determinación de la proporción sexual

La proporción sexual entre machos y hembras, para cada especie, fue evaluada mediante la hipótesis nula de igualdad de 1:1, utilizando la prueba de chi-cuadrado (χ^2) (Zar, 1999). La proporción sexual fue evaluada de manera general por cada una de las especies registradas.

1.4. Variación estacional en desembarques

Para evaluar los patrones estacionales, relacionados con el registro del número de individuos monitoreados, se utilizó un gráfico de tendencia, con el objetivo de visualizar si existen variaciones en cuanto al desembarque de las especies de tiburones y picudos a lo largo del año, tomando como puntos de comparación la época lluviosa (diciembre-mayo) versus la época seca (junio-noviembre).

2. Los resultados obtenidos y su significado para el ecosistema

2.1. Generalidades

Se registraron un total de 1123 tiburones, correspondientes a cinco especies: dos de la familia Alopiidae, dos de la familia Carcharhinidae y una de la familia Lamnidae. Para los picudos se analizaron un total de 593 organismos, correspondientes a cuatro especies: tres de la familia Istiophoridae y una especie de la familia Xiphiidae.

2.2. Composición de las tallas en tiburones

Para *A. pelagicus* se registró longitudes en un total de 268 organismos, que oscilaron entre 63,0 y 181,0 cm de L_p . Los machos presentaron tallas que estaban entre 63,0 y 177,0 cm (promedio $\bar{x}=134,1$ y desviación estándar $\pm 22,2$), mientras las longitudes de las hembras oscilaron entre 73,0 y 181,0 cm ($\bar{x}=142,2\pm 17,8$). Las hembras fueron más grandes que los machos, registrándose diferencias significativas entre sexos ($z=-2,554$, $p<0,05$). Para la especie *A. superciliosus*, se midió un total de 47 individuos, las tallas oscilaron entre 102,0 y 227,0 cm. Las longitudes de los machos oscilaron de 102,0 a 170,0 cm ($\bar{x}=157,4\pm 23,3$), mientras que las hembras presentaron valores de 122,0 a 227,0 cm ($\bar{x}=160,8\pm 29,8$). No se registraron diferencias significativas entre sexos ($t=-0,405$, $p>0,05$).

Para la especie *I. oxyrinchus*, se midieron 356 individuos, que presentaron tallas entre 85,0 y 220,0 cm. Los machos mostraron intervalos entre 94,0 y 213,0 ($\bar{x}=141,5\pm 20,0$), la longitud de las hembras fluctuó entre 85,0 a 220,0 cm ($\bar{x}=141,8\pm 20,3$). La comparación entre sexos no presentó diferencias significativas ($z=-0,399$, $p>0,05$).

Para *P. glauca*, se midió un total de 422 individuos, con intervalos en la talla de 79,0 a 270,0 cm. Los machos presentaron una longitud que varió entre 92,0 a 270,0 cm ($\bar{x}=176,3\pm 26,4$), mientras que las hembras presentaron una talla entre 79,0 a 212,0

cm ($\bar{x}=154,3\pm 19,3$). Se determinó diferencia significativa entre sexos ($z=-8,039, p<0,05$). Para *C. falciformis* se midieron un total 30 organismos que presentaron tallas de 49,0 hasta 190,0 cm. En machos se registraron tallas de 49,0 a 190,0 cm ($\bar{x}=104,5\pm 43,4$), mientras para las hembras las tallas registradas fueron de 49,0 a 162,0 cm ($\bar{x}=113,8\pm 29,4$). No se registraron diferencias significativas entre tallas para ambos sexos ($t=0,696, p>0,05$).

La especie *A. pelagicus* es el tiburón de mayor importancia comercial en aguas del Ecuador (Martínez-Ortiz y García-Domínguez, 2013), con una talla de hasta 335,0 cm de longitud total. En este estudio se registró una talla máxima de 181,0 cm, basados en la longitud precaudal. En el caso de *A. superciliosus* e *I. oxyrinchus*, las tallas reportadas fueron menores que las reportadas para el Pacífico Sur en Chile (máximas de 458,0 cm para *A. superciliosus* y de 338,0 cm para *I. oxyrinchus*) (Berrondo et al. 2007; Cerna y Licandeo, 2009; Bustamante y Bennett, 2013), o para aguas de Indonesia (máximas de 382,0 cm para *A. superciliosus*) (White, 2007). A pesar de que en el Océano Pacífico se han reportado tallas máximas de 470,0 cm (Fisher et al. 1995a), en México y en Ecuador las tallas de *A. superciliosus*, aparentemente no superan los 333,0 cm (Cruz et al. 2010). Para el tiburón *C. falciformis* la talla máxima fue de 190,0 cm, similar a las reportadas en aguas del océano Oriental de India (Hall et al. 2012) y en el Océano Pacífico (Bizzarro et al. 2009; Cruz et al. 2010). Para *P. glauca* la longitud máxima reportada fue de 270,0 cm, coincidiendo con tallas máximas reportadas en otros estudios (Lessa et al. 2004; Megalofonou et al. 2009; Bustamante y Bennett, 2013; Briones-Mendoza et al. 2016).

2.3. Composición de las tallas en picudos

Un total de 124 individuos de *M. nigricans* fueron medidos, las longitudes oscilaron entre 119,0 y 340,0 cm de L_F ($\bar{x}=235,3\pm 40,3$). La talla de los machos osciló entre 148,0 y 347,0 cm ($\bar{x}=256,6\pm 63,8$), mientras en las hembras la talla osciló entre 119,0 y 340,0 cm ($\bar{x}=236,7\pm 33,3$).

Aunque los machos presentaron una mayor talla, no se registró diferencia significativa entre sexos ($z=-0,835, p>0,05$).

Para *K. audax*, se midió un total de 180 organismos, presentaron intervalos de la talla entre 102,0 y 265,0 cm ($\bar{x}=197,9\pm 23,1$). Los machos registraron una talla entre 105,0 y 239,0 cm ($\bar{x}=191,4\pm 26,4$), mientras que las hembras una talla entre 102,0 y 265,0 cm ($\bar{x}=198,3\pm 28,2$). La comparación en las tallas por sexo no registró diferencia significativa ($z=-1,879, p>0,05$).

Para *I. platypterus*, se midió un total de 149 organismos, que tuvieron rangos de tallas entre 86,0 y 272,0 cm ($\bar{x}=221,4 \text{ DE}\pm 31,4$). Los machos analizados presentaron una talla entre 86,0 y 234,0 cm ($\bar{x}=189,6\pm 34,9$), para las hembras la talla osciló entre 116,0 y 272,0 cm ($\bar{x}=202,8\pm 19,6$). No se registró diferencia significativa entre sexos ($z=-1,438, p>0,05$).

Para el pez espada *X. gladius* se registraron un total de 140 individuos, los cuales presentaron tallas de 100,0 a 276,0 cm ($\bar{x}=158,7\pm 35,0$). En machos las tallas oscilaron de 105,5 a 276,0 cm ($\bar{x}=165,6\pm 45,0$), mientras las hembras presentaron tallas que oscilaron de 100,0 a 272,0 cm ($\bar{x}=162,0\pm 36,2$). No se registraron diferencias significativas entre sexos ($z=-0,155, p>0,05$).

Para el banderón (*I. platypterus*), la talla máxima registrada fue de 272,0 cm, siendo mayor que el registrado de organismos capturados en las costas de Brasil (Mourato et al. 2009), Taiwán y México (Sheng-Ping et al. 2006; Wei-Chuan et al. 2006; Shimose et al. 2010; Ramírez-Pérez et al. 2011). Para *K. audax* la talla máxima registrada fue de 265,0 cm, mayor que la reportada para el Pacífico noreste que fue de 228,0 cm (Shimose et al. 2010; Kopf et al. 2010; Kopf et al. 2011). La longitud máxima para *M. nigricans* fue de 340,0 cm, siendo mayores a los reportados para Taiwán y Japón (Sheng-Ping et al. 2006; Shimose et al. 2009). Para *X. gladius* la longitud máxima fue de 276,0 cm, similar a las reportadas en estudios previos en otras regiones (Sheng-Ping et al. 2003; Poisson y Fauvel, 2009).

2.4. Proporción sexual en tiburones y picudos

La proporción de sexos, para *A. pelagicus*, fue mayor en hembras (Tabla 1), resultado que no coincide con lo reportado en aguas mexicanas, donde la proporción es 1:1 (Smith et al. 2009). Sin embargo, en Indonesia la proporción fue mayor para los machos (Drew et al. 2015). Para *P. glauca*, los machos tuvieron mayor proporción que las hembras (Tabla 1), coincidiendo con lo reportado para los océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Lessa et al. 2004; Mejuto y García-Cortés, 2005; Megalofonou et al. 2009; Carrera-Fernández et al. 2010; Lopez et al. 2010; Markaida y Sosa-Nishizaki, 2010; Montealegre-Quijano y Vooren, 2010; Varghese et al. 2016). En el caso de *A. superciliosus*, *C. falciformis*, *I. oxyrinchus* la proporción sexual fue similar aquí y en otras áreas de estudio (1:1) (Tabla 1) (Berrondo et al.

2007; White, 2007; Cerna y Licandeo, 2009; Bizzarro et al. 2009; Cruz et al. 2010; Hall et al. 2012; Bustamante y Bennett, 2013; Varghese et al. 2016).

Las hembras de *I. platypterus*, *M. nigricans*, *X. gladius* y *K. audax* tuvieron mayor proporción que los machos (Tabla 1), similar a lo reportado en otras regiones (Ortega-García et al. 2006; Mourato et al. 2009; Poisson y Fauvel, 2009; Sheng-Ping et al. 2003). Sin embargo, esto puede cambiar dependiendo de la estación de captura, como fue evidenciado en aguas mexicanas, ya que en la temporada fría la proporción de hembras es mayor, mientras que en la temporada cálida la proporción de machos es mayor (Wei-Chuan et al. 2006; Ramírez-Pérez et al. 2011).

Tiburones					
Especie	Machos	Hembras	Proporción M:H	χ^2	Significancia
<i>Alopias pelagicus</i>	94	174	0,54:1	23,88	<0,05*
<i>Alopias superciliosus</i>	29	18	1,61:1	2,57	>0,05
<i>Isurus oxyrinchus</i>	177	179	0,99:1	0,01	>0,05
<i>Prionace glauca</i>	246	176	1,40:1	11,61	<0,05*
<i>Carcharhinus falciformis</i>	12	18	0,67:1	1,20	>0,05
Picudos					
Especie	Machos	Hembras	Proporción M:H	χ^2	Significancia
<i>Makaira nigricans</i>	10	114	0,09:1	87,23	<0,05*
<i>Kajikia audax</i>	39	141	0,28:1	57,80	<0,05*
<i>Istiophorus platypterus</i>	31	118	0,26:1	50,80	<0,05*
<i>Xiphias gladius</i>	25	115	0,22:1	57,86	<0,05*

Nota. * valores significativos $p < 0,05$.

Tabla 1.

Número de machos, hembras, e indeterminados, proporción sexual, y resultados estadísticos de cinco especies de tiburones y cuatro especies de picudos desembarcados en dos localidades pesqueras del Ecuador.

2.5. Variación estacional en el número de tiburones y picudos desembarcados

Los tiburones *I. oxyrinchus* y *P. glauca* presentaron el mayor número de registros en los desembarques durante los meses de la época seca (junio-noviembre), mientras *A. pelagicus* y *A. superciliosus* presentaron los mayores

porcentajes durante los meses de la época lluviosa (diciembre-mayo) (Figura 2a). La especie *C. falciformis* presentó valores de desembarque similares a lo largo de todos los meses durante el estudio. Para los picudos, el mayor desembarque, se presentó durante los meses de la época seca, el menor desembarque se dio en los meses de enero a marzo (época lluviosa) (Figura 2b).

La comparación entre el registro de desembarques, para todos los tiburones, entre la época lluviosa y la seca presenta diferencias, lo cual sugiere patrones estacionales en el desembarque. Las especies de tiburones, consideradas en este estudio, son las de mayor importancia en los desembarques en el Ecuador, como ya se ha reportado en estudios

previos realizados en el país (Peralta, 2009; Martínez-Ortiz y García-Domínguez, 2013). Para las cuatro especies de picudos, el mayor desembarque se presentó durante los meses de la época seca, este resultado coincide también con lo reportado por Abo-Tubikh (2014) en aguas ecuatorianas.

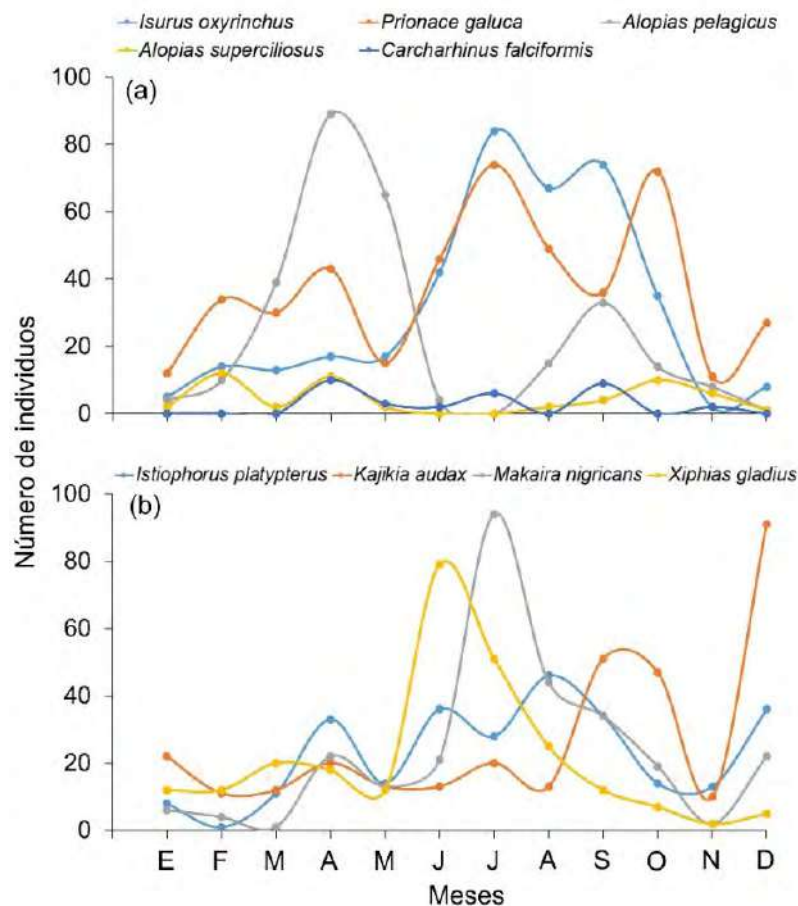


Figura 2. Registro de organismos mensual procedente del desembarque de tiburones (a) y picudos (b) en las localidades pesqueras de Playita Mía, Manta, y Santa Rosa, Salinas, Ecuador.

3. Recomendaciones para estudios futuros

Los resultados obtenidos en este estudio pueden favorecer el establecimiento de regulaciones del sector pesquero en Ecuador, para ello es necesario que se considere, por ejemplo, a las especies que presentan tallas menores a las de las mismas especies en otras regiones. Por lo tanto, es recomendable realizar un análisis de la norma vigente, en cuanto a tallas permitidas para la captura y contrastarlo luego, con los resultados del análisis en campo sobre las

tallas de capturas durante la actividad pesquera, comercial y recreativa; con la finalidad de verificar la aplicación de aquella norma, y de ser el caso, proponer modificaciones que permitan la conservación sustentable de las poblaciones y de una pesquería sostenible.

En el caso particular de *A. superciliosus* la talla identificada en este trabajo (227,0 cm de L_p), se encuentra por debajo de la reportada para la especie en otras regiones, lo que marca un hito para su cuidado, ya que podría ser un indicador

del impacto sobre la población. De manera puntual, se recomienda realizar una evaluación de esta especie, para identificar acciones que permitan garantizar su conservación.

La asignación del sexo de los picudos fue difícil en este trabajo, su análisis reflejó solo a los organismos correctamente sexados; por lo que, es recomendable que para otros estudios se identifiquen nuevas técnicas o métodos, que permita el sexado de todo el stock de estudio completo; y de este modo evitar el sesgo que se puede producir al no incluir organismos no determinados. Probablemente una técnica bioquímica que aplique sangre o algún fluido del organismo pueda servir mejor para esta identificación.

Es necesario que el análisis de la talla y proporciones sexuales, continúe en aguas

ecuatorianas, con la finalidad de incrementar el tamaño de la muestra y obtener resultados más robustos, que permitan entender mejor el impacto del ser humano en las poblaciones de los grandes depredadores marinos, los picudos y los tiburones.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí por el financiamiento del proyecto “*Ecología trófica de los pelágicos mayores del Pacífico ecuatoriano*”. Se agradece a los estudiantes que participaron durante la ejecución del proyecto, brindando ayuda durante los monitoreos de campo; un especial reconocimiento a los pescadores de las localidades pesqueras de Playita Mía, Manta, y Santa Rosa, Salinas, por facilitar enormemente el trabajo en campo.

Bibliografía

- Abo-Tubikh, N.A.S. (2014). Status and improvement of artisanal fisheries in Manabi province, Ecuador: A case study. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(2), 47-54.
- Berrondo, L., Pons, M., Forselledo, R., Miller, P., y Domingo, A. (2007). Distribución espacio-temporal y composición de tallas de *Alopias superciliosus* y *A. vulpinus* observados en la flota palangrera uruguaya en el océano Atlántico (2001-2005). *Collective Volumes of Scientific Papers ICCAT*, 60(2), 566-576.
- Bizzarro, J.J., Smith, W.D., Márquez-Farías, J.F., Tyminski, J., y Hueter, R.E. (2009). Temporal variation in the artisanal elasmobranch fishery of Sonora, Mexico. *Fisheries Research*, 97(1-2), 103-117.
- Briones-Mendoza, J., Pincay-Espinoza, J., Palma-Chávez, J., y Romero-Caicedo, A. (2016). Notas sobre la biología del tiburón azul *Prionace glauca* (Carcharhiniformes: Carcharhinidae) en aguas ecuatorianas. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87(4), 1387-1390.
- Bustamante, C., y Bennett, M.B. (2013). Insights into the reproductive biology and fisheries of two commercially exploited species, shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) and blue shark (*Prionace glauca*), in the south-east Pacific Ocean. *Fisheries Research*, 143, 174-183.
- Cabanilla, C. (2007). Seguimiento de los desembarques de peces pelágicos grandes durante 2007. Reporte técnico INP Ecuador, 1-13.
- Carrera-Fernández, M., Galván-Magaña, F., y Ceballos-Vázquez, B.P. (2010). Reproductive biology of the blue shark *Prionace glauca* (Chondrichthyes: Carcharhinidae) off Baja California Sur, México. *International Journal of Ichthyology*, 16(3), 101-110.

- Cerna, F., y Licandeo, R. (2009). Age and growth of the shortfin mako (*Isurus oxyrinchus*) in the south-eastern Pacific off Chile. *Marine and Freshwater Research*, 60(5), 394-403.
- Coello, D., Herrera, M., Calle, M., Castro, R., Medina, C., y Chalén, X. (2010). Incidencia de tiburones, rayas, aves, tortugas y mamíferos marinos en la pesquería artesanal con enmalle de superficie en la caleta pesquera de Santa Rosa (provincia de Santa Elena). Instituto Nacional de Pesca de Ecuador. *Boletín Especial*.
- Coello, D., y Herrera, M. (2018). Desembarque de tiburones en las pesquerías artesanales del Ecuador durante el 2012. *Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales*, 12(1), 1-8.
- Collette, B., Acero, A., Amorim, A.F., Bizsel, K., Boustany, A., Canales-Ramírez, C., Cardenas, G., Carpenter, K.E., de Oliveira-Leite, Jr.N., Di Natale, A., Die, D., Fox, W., Fredou, F.L., Graves, J., Guzmán-Mora, A., Viera-Hazin, F.H., Hinton, M., Juan-Jorda, M., Minte-Vera, C., Miyabe, N., Montaña-Cruz, R., Masuti, E., Nelson, R., Oxenford, H., Restrepo, V., Salas, E., Schaefer, K., Schratwieser, J., Serra, R., Sun, C., Teixeira-Lessa, R.P., Ferreira-Travassos, P.E., Uozumi, Y., y Yanez, E. (2011b). *Xiphias gladius*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T23148A88828055. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T23148A9422329>. en. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Collette, B., Acero, A., Amorim, A.F., Boustany, A., Canales-Ramírez, C., Cardenas, G., Carpenter, K.E., de Oliveira-Leite, Jr., N., Di Natale, A., Die, D., Fox, W., Fredou, F.L., Graves, J., Guzmán-Mora, A., Viera-Hazin, F.H., Hinton, M., Juan-Jorda, M., Minte-Vera, C., Miyabe, N., Montaña-Cruz, R., Nelson, R., Oxenford, H., Restrepo, V., Salas, E., Schaefer, K., Schratwieser, J., Serra, R., Sun, C., Teixeira-Lessa, R.P., Ferreira-Travassos, P.E., Uozumi, Y., y Yanez, E. (2011d). *Makaira nigricans*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011b: e.T170314A6743776. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170314A6743776>. en. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Collette, B., Acero, A., Amorim, A.F., Boustany, A., Canales-Ramírez, C., Cardenas, G., Carpenter, K.E., de Oliveira-Leite, Jr.N., Di Natale, A., Die, D., Fox, W., Fredou, F.L., Graves, J., Guzmán-Mora, A., Viera Hazin, F.H., Hinton, M., Juan-Jorda, M., Minte-Vera, C., Miyabe, N., Montaña-Cruz, R., Nelson, R., Oxenford, H., Restrepo, V., Salas, E., Schaefer, K., Schratwieser, J., Serra, R., Sun, C., Teixeira-Lessa, R.P., Ferreira-Travassos, P.E., Uozumi, Y., y Yanez, E. (2011a). *Istiophorus platypterus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011c: e.T170338A6754507. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170338A6754507>. en. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Collette, B., Acero, A., Boustany, A., Canales-Ramírez, C., Cardenas, G., Carpenter, K.E., Di Natale, A., Die, D., Fox, W., Graves, J., Hinton, M., Juan-Jorda, M., Minte-Vera, C., Miyabe, N., Montaña-Cruz, R., Nelson, R., Restrepo, V., Schaefer, K., Schratwieser, J., Serra, R., Sun, C., Uozumi, Y., y Yanez, E. (2011c). *Kajikia audax*. The IUCN Red List of Threatened Species 2011d: e.T170309A6738801. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170309A6738801>. en. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Cortés, E. (2000). Life history patterns and correlations in sharks. *Reviews in Fisheries Science*, 8(4), 299-344.
- Cruz, A., Soriano, S.R., Santana, H., Ramírez, C.E., y Valdez, J.J. (2010). La pesquería de tiburones oceánicos-costeros en los litorales de Colima, Jalisco y Michoacán. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 655-667.

- Drew, M., White, W.T., Dharmadi, Harry, A.V., y Huveneers, C. (2015). Age, growth and maturity of the pelagic thresher *Alopias pelagicus* and the scalloped hammerhead *Sphyrna lewini*. *Journal of Fish Biology*, 86(1), 333-354.
- Dulvy, N.K., Baum, J.K., Clarke, S., Compagno, L.J.V., Cortés, E., Domingo, A., Fordham, S., Fowler, S., Francis, M.P., Gibson, C., Martínez, J., Musick, J.A., Soldo, A., Stevens, J.D., y Valenti, S. (2008). You can swim but you can't hide: the global status and conservation of oceanic pelagic sharks and rays. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 18(5), 459-482.
- Ferretti, F., Myers, R.A., Serena, F., y Lotze, H.K. (2007). Loss of large predatory sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, 22(4), 952-964.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. (1995a). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental, Vertebrados, Volumen II, Parte I: Roma.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H. (1995b). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca, Pacífico Centro-Oriental, Vertebrados, Volumen III, Parte II: Roma.
- Hall, N.G., Bartron, C., White, W.T., Dharmadi, y Potter, I.C. (2012). Biology of the silky shark *Carcharhinus falciformis* (Carcharhinidae) in the eastern Indian Ocean, including an approach to estimating age when timing of parturition is not well defined. *Journal of Fish Biology*, 80(5), 1320-1341.
- IUCN, (2020). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2020-2. <https://www.iucnredlist.org>
- Junning, C., y PingSun, L. (2017). Short-term projection of global fish demand and supply gaps. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, Roma.
- Kopf, R.K., Davie, P.S., Bromhead, D., y Pepperell, J.G. (2011). Age and growth of striped marlin (*Kajikia audax*) in the Southwest Pacific Ocean. *ICES Journal of Marine Science*, 68(9), 1884-1895.
- Kopf, R.K., Drew, K., y Humphreys, J.R.L. (2010). Age estimation of billfishes (*Kajikia* spp.) using fin spine cross-sections: the need for an international code of practice. *Aquatic Living Resources*, 23(1), 13-23.
- Lessa, R., Santana, F.M., y Hazin, F.H. (2004). Age and growth of the blue shark *Prionace glauca* (Linnaeus, 1758) off northeastern Brazil. *Fisheries Research*, 66(1), 19-30.
- Lopez, S., Meléndez, R., y Barría, P. (2010). Preliminary diet analysis of the blue shark *Prionace glauca* in the eastern South Pacific. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 45(Suppl. 1), 745-749.
- Markaida, U., y Sosa-Nishizaki, O. (2010). Food and feeding habits of the blue shark *Prionace glauca* caught off Ensenada, Baja California, Mexico, with a review on its feeding. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 90(5), 977-994.
- Martínez-Ortiz, J., y García-Domínguez, M. (2013). Guía de campo Condrictios del Ecuador. Quimeras, Tiburones y Rayas. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), Viceministerio de Acuacultura y Pesca (VMAP), Subsecretaría de Recursos Pesqueros (SRP): Manta.

- Megalofonou, P., Damalas, D., y De Metrio, G. (2009). Biological characteristics of blue shark, *Prionace glauca*, in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(6), 1233-1242.
- Mejuto, J., y García-Cortés, B. (2005). Reproductive and distribution parameters of the blue shark *Prionace glauca*, on the basis of on-board observations at sea in the Atlantic, Indian and Pacific oceans. *Collective Volumes of Scientific Papers ICCAT*, 58(3), 951-973.
- Montealegre-Quijano, S., y Vooren, C.M. (2010). Distribution and abundance of the life stages of the blue shark *Prionace glauca* in the Southwest Atlantic. *Fisheries Research*, 101(3), 168-179.
- Mourato, B.L., Pinheiro, P., Hazin, F.H.V., Basante, V., Amorim, A.F., Pimenta, E., y Guimarães, C. (2009). Preliminary analysis of gonad development, spawning period, sex ratio and length at first sexual maturity of sailfish, *Istiophorus platypterus*, in brazilian coast. *Collective Volumes of Scientific Papers ICCAT*, 64(6), 1927-1940.
- Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the world*. Fourth Edition. New Jersey: John Wiley & Sons.
- Ortega-García, S., Klett-Traulsen, A., y Rodríguez-Sánchez, R. (2006). Some biological aspects of blue marlin (*Makaira nigricans*) in the recreational fishery at Cabo San Lucas, Baja California Sur, Mexico. *Bulletin of Marine Science*, 79(3), 739-746.
- Peralta, M. (2009). Desembarques de la pesca artesanal de peces pelágicos grandes y tiburones en la costa ecuatoriana durante 2008. Instituto Nacional de Pesca. *Boletín Científico y Técnico*, 20(2), 1-23.
- Poisson, F., y Fauvel, C. (2009). Reproductive dynamics of swordfish (*Xiphias gladius*) in the southwestern Indian Ocean (Reunion Island). Part 1: Oocyte development, sexual maturity and spawning. *Aquatic Living Resources*, 22(1), 45-58.
- Polidoro, B.A., Brooks, T., Carpenter, K.E., Edgar, G.J., Henderson, S., Sanciangco, J., y Robertson, D.R. (2012). Patterns of extinction risk and threat for marine vertebrates and habitat-forming species in the Tropical Eastern Pacific. *Marine Ecology Progress Series*, 448, 93-104.
- Ramírez-Pérez, J.S., Quiñonez-Velázquez, C., Abitia-Cardenas, L.A., y Melo-Barrera, F.N. (2011). Age and growth of sailfish *Istiophorus platypterus* (Shaw in Shaw and Nodder, 1792) from Mazatlan, Sinaloa, Mexico. *Environmental Biology of Fishes*, 92, 187-196.
- Rigby, C.L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Herman, K., Jabado, R.W., Liu, K.M., Marshall, A., Pacoureaux, N., Romanov, E., Sherley, R.B., y Winker, H. (2019a). *Alopias pelagicus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T161597A68607857. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T161597A68607857.en>. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Rigby, C.L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Jabado, R.W., Liu, K.M., Marshall, A., Pacoureaux, N., Romanov, E., Sherley, R.B., y Winker, H. (2019b). *Isurus oxyrinchus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T39341A2903170. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T39341A2903170.en>. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Rigby, C.L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Herman, K., Jabado, R.W., Liu, K.M., Marshall, A., Pacoureaux, N., Romanov, E., Sherley, R.B., y Winker, H. (2019c). *Alopias superciliosus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T161696A894216. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T161696A894216.en>. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.

- Rigby, C.L., Barreto, R., Carlson, J., Fernando, D., Fordham, S., Francis, M.P., Herman, K., Jabado, R.W., Liu, K.M., Marshall, A., Pacoureaux, N., Romanov, E., Sherley, R.B., y Winker, H. (2019d). *Prionace glauca*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T39381A2915850. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-3.RLTS.T39381A2915850.en>. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Rigby, C.L., Sherman, C.S., Chin, A., y Simpfendorfer, C. (2017). *Carcharhinus falciformis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T39370A117721799. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T39370A117721799.en>. Acceso en línea el 18 de septiembre de 2020.
- Rosas-Luis, R., Loor-Andrade, P., Carrera-Fernández, M., Pincay-Espinoza, J.E., Vinces-Ortega, C., y Chompoy-Salazar, L. (2016). Cephalopod species in the diet of large pelagic fish (sharks and billfishes) in Ecuadorian waters. *Fisheries Research*, 173(Part 2), 159-168.
- Rosas-Luis, R., Navarro, J., Loor-Andrade, P., y Forero, M.G. (2017). Feeding ecology and trophic relationships of pelagic sharks and billfishes coexisting in the central eastern Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 573, 191-201.
- Sheng-Ping, W., Chi-Lu, S., Su-Zan, Y., Wei-Chuan, C., Nan-Jay, S., Yi-Jay, C., y Chien-Hsian, L. (2006). Length distributions, weight-length relationships, and sex ratios at lengths for the billfishes in Taiwan waters. *Bulletin of Marine Science*, 79(3), 865-869.
- Sheng-Ping, W., Chi-Lu, S., y Su-Zan, Y. (2003). Sex ratios and sexual maturity of swordfish (*Xiphias gladius* L.) in the waters of Taiwan. *Zoological Studies*, 42(4), 529-539.
- Shimose, T., Fujita, M., Yokawa, K., Saito, H., y Tachihara, K. (2009). Reproductive biology of blue marlin *Makaira nigricans* around Yonaguni Island, southwestern Japan. *Fisheries Science*, 75, 109-119.
- Shimose, T., Yokawa, K., y Saito, H. (2010). Habitat and food partitioning of billfishes (Xiphoidei). *Journal of Fish Biology*, 76(10), 2418-2433.
- Smith, W.D., Bizzarro, J.J., y Cailliet, G.M. (2009). La pesca artesanal de elasmobranquios en la costa oriental de Baja California, México: Características y consideraciones de manejo. *Ciencias Marinas*, 35(2), 209-236.
- Varghese, S.P., Unnikrishnan, N., Gulati, D.K., y Ayoob, A.E. (2016). Size, sex and reproductive biology of seven pelagic sharks in the eastern Arabian Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 97(1), 181-196.
- Wei-Chuan, C., Chi-Lu, S., Su-Zan, Y., Wei-Cheng, S., Don-Chung, L., y Wen-Yie, C. (2006). Sex ratios, size at sexual maturity, and spawning seasonality of sailfish *Istiophorus platypterus* from eastern Taiwan. *Bulletin of Marine Science*, 79(3), 727-737.
- White, W.T. (2007). Biological observations on lamnoid sharks (Lamniformes) caught by fisheries in eastern Indonesia. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(3), 781-788.
- Zar, J.H. (1999). *Biostatistical analysis*. New York: Prentice Hall.

Ecología trófica de peces pelágicos mayores del Pacífico ecuatoriano

Rosas-Luis Rigoberto¹⁻², Loor-Andrade Peggy³, Pincay-Espinoza Jonathan⁴

¹Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013. riroluis@yahoo.com.mx

²Cátedras CONACyT-Tecnológico Nacional de México/I. T. de Chetumal. Quintana Roo, México, 77013.

³Facultad de Ciencias del Mar, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta 130802, Ecuador. peggysue.loor@gmail.com

⁴Subsecretaría de Recursos Pesqueros, Viceministerio de Acuicultura y Pesca, Puerto Pesquero Artesanal de San Mateo, Manta, Manabí, Ecuador. pincay.espinoza@gmail.com

Resumen

Los pelágicos mayores son un grupo de organismos que incluye a los tiburones y a los picudos, habitan en agua abiertas y son considerados los depredadores tope del ecosistema marino. Para entender la importancia de este grupo en el océano, los científicos se enfocan en el estudio de la ecología trófica, mediante el uso de métodos tradicionales de identificación de contenidos estomacales y la implementación de rutinas novedosas, para determinar proporciones de isótopos estables de carbono y nitrógeno. Este trabajo presenta un análisis de la red trófica de los pelágicos mayores en Ecuador, tomando como base las publicaciones de interacciones tróficas y hábitos alimentarios de los tiburones y picudos que habitan las aguas ecuatorianas. Cinco especies de tiburones, *Alopias pelagicus*, *Alopias superciliosus*, *Carcharhinus falciformis*, *Isurus oxyrinchus* y *Prionace glauca*, y cuatro especies de picudos, *Istiophorus platypterus*, *Makaira nigricans*, *Kajikia audax* y *Xiphias gladius*, fueron incluidas en el análisis. Se presenta una revisión y explicación de los métodos aplicados, así como perspectivas futuras en el estudio de estos organismos en Ecuador; además, se cataloga a estas especies como depredadores tope del ambiente marino en aguas ecuatorianas, pero que coexisten en armonía, debido a que la alimentación se diversifica y se compartimenta, dependiendo de la talla del depredador y la talla de la presa, propiciando un buen desarrollo del ecosistema y la sostenibilidad de las capturas.



Contenido

Introducción	126
1. Métodos aplicados en el estudio de ecología trófica.....	126
1.1. Identificación de contenidos estomacales.....	127
1.2. Índice de Importancia Relativa	127
1.3. Análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$	128
1.4. Estadísticos	129
1.5. Suficiencia de muestreo para el estudio de ecología trófica	130
2. Ecología trófica de tiburones pelágicos	130
2.1. Dieta de tiburones basada en contenidos estomacales, Índice Específico de la Presa de Importancia Relativa P_{SIIR}	130
2.2. Contribución isotópica de las presas en los tiburones.....	134
3. Ecología trófica de picudos.....	135
3.1. Dieta de picudos basada en contenidos estomacales Índice Específico de la Presa de Importancia Relativa P_{SIIR}	135
3.2. Contribución isotópica de las presas en los picudos	137
4. Red trófica de los tiburones y peces pelágicos mayores	138
5. Perspectivas futuras en el estudio de la ecología trófica.....	139
Agradecimientos y reconocimientos.....	139
Bibliografía	139

Introducción

Los pelágicos mayores, tiburones y picudos (e.g. peces vela, familia Istiophoridae y el pez espada, familia Xiphiidae), son depredadores situados en los niveles tróficos superiores del ecosistema pelágico y como tal, juegan un papel crucial en el control de tipo cascada, delineando así la estructura de la red trófica y la dinámica del ecosistema (Abitúa-Cárdenas et al. 2010; Galván-Magaña et al. 2013; Rosas-Luis et al. 2016a; Rosas-Luis et al. 2017). Por consiguiente, su extinción o incluso su disminución drástica, podría producir cambios fuertes en los ecosistemas marinos, particularmente con efectos también de tipo cascada, generando alteraciones en las relaciones tróficas entre distintas especies (Montoya et al. 2006). En muchos aspectos, el conocimiento sobre el rol ecológico de los depredadores marinos y las consecuencias potenciales de su disminución, se ve limitado por la falta de información sobre su ecología trófica.

En Ecuador, estos peces son capturados principalmente por barcos nodrizas (con palangre de superficie) y embarcaciones artesanales de fibra de vidrio (con palangre de superficie y red de enmalle) (Rosas-Luis et al. 2017). En los desembarques se puede encontrar principalmente al picudo blanco *Makaira nigricans*, al picudo gacho *Kajikia audax*, y al pez vela o banderón *Istiophorus platypterus*, los cuales se comercializan principalmente en el mercado internacional, mientras que y el pez espada *Xiphias gladius* se lo comercializa en el mercado nacional. En el grupo de los tiburones se puede encontrar el tiburón rabón bueno *Alopias pelagicus*, el rabón amargo *Alopias superciliosus*, el mico *Carcharhinus falciformis*, el tinto *Isurus oxyrinchus*, y el azul *Prionace glauca*, los que muchas veces forman parte de la captura incidental. Los elasmobranquios reportados en el océano Pacífico pertenecen a 46 especies agrupadas en 23 familias (Preti et al. 2012; Martínez-Ortiz et al. 2015; Walsh y Brodziak 2015; Rosas-Luis et al. 2017). Los principales trabajos que se han desarrollado con estas especies se han enfocado en aspectos pesqueros y algunos en los biológicos; sin embargo, es necesario ampliar la información concerniente

a las relaciones entre estos depredadores y sus presas, así como la interacción que existe entre estas especies.

El entender las relaciones que ocurren en el ecosistema marino permitirá evaluar y manejar adecuadamente las poblaciones de peces desde una perspectiva más amplia, además, los estudios de ecología basados en el análisis de contenido estomacal representan una fuente alternativa de información para el caso de algunas especies, como ocurre con muchas especies de cefalópodos que no pueden ser estudiados por métodos convencionales (Galván-Magaña et al. 2013; Rosas-Luis et al. 2017). Debido a esta necesidad de conocimiento, este capítulo presenta los avances en investigación relacionados a la ecología trófica de picudos y tiburones de Ecuador.

1. Métodos aplicados en el estudio de ecología trófica

Con la finalidad de explicar a detalle los procedimientos para el estudio de la ecología trófica, este trabajo presenta resultados de la aplicación de metodologías de muestreo en contenido estomacal y músculo dorsal, aplicados por diferentes autores (Rosas-Luis et al. (2016 a,b; 2017), y Looor-Andrade et al. (2017a, b). Las muestras fueron obtenidos en las localidades de Playita Mía, en Manta, Manabí (0°56'59"S, 80°42'34"W) y en Santa Rosa, Salinas, Santa Elena (02°13'0" S, 80°58'0"W). Las muestras se obtuvieron de capturas de la flota artesanal desde febrero 2014 hasta abril 2015. La captura de los organismos se realizó con palangre de superficie y/o red de enmalle, aproximadamente a 30 o 40 millas de distancia de la costa, principalmente en faenas de pesca realizadas durante la noche. Para levantar la información de estas especies, todos los especímenes fueron medidos (para picudos longitud furcal (LF) desde la mandibular inferior, y para tiburones longitud precaudal (LPC). Los estómagos extraídos se preservaron en hielo y se transportaron al laboratorio de Ecología Trófica de la Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, para su congelación a -20°C, hasta su posterior análisis.

Previo a la identificación de las presas consumidas, el contenido de cada estómago se pesó con una precisión mínima de 0.1 g, y se le asignó un índice de llenado visual subjetivo (IL): cero = vacío, uno = restos escasos, dos = medio lleno, tres = casi lleno y cuatro = completamente lleno (Breiby y Joblin, 1985).

1.1. Identificación de contenidos estomacales

La identificación de contenidos se inicia con la identificación de especies marinas que están contenidas en los estómagos. La identificación es muy accesible debido a que las presas son ingeridas prácticamente completas o en grandes trozos identificables (Fig. 1). En la práctica se suelen usar varios pasos para una correcta identificación:

1. Abrir o vaciar el estómago: se requiere de un área ventilada, sobre una charola se coloca el estómago y con unas tijeras o bisturí se corta a lo largo del estómago para dejar libre el contenido.
2. En caso de encontrar varios trozos o presas dentro del estómago es necesario separar el contenido de acuerdo con el tipo de tejido, color, textura, forma.
3. El fragmento separado deberá ser identificado hasta el nivel taxonómico más bajo posible. En los estudios en aguas ecuatorianas se han utilizado diferentes referencias bibliográficas. Para identificar peces completos y cefalópodos se han utilizado las de Clothier (1950), Clarke (1962), Iverson y Pinkas (1971), Wolf (1984), Clarke (1986), Fischer et al. (1995a), Fischer et al. (1995b), Jereb y Roper (2010), Rosas-Luis et al. (2015) y Acuña-Perales et al. (2020). Las presas parcialmente digeridas se han identificado utilizando su esqueleto, picos, y/o comparando los esqueletos y/o picos con colecciones existentes.

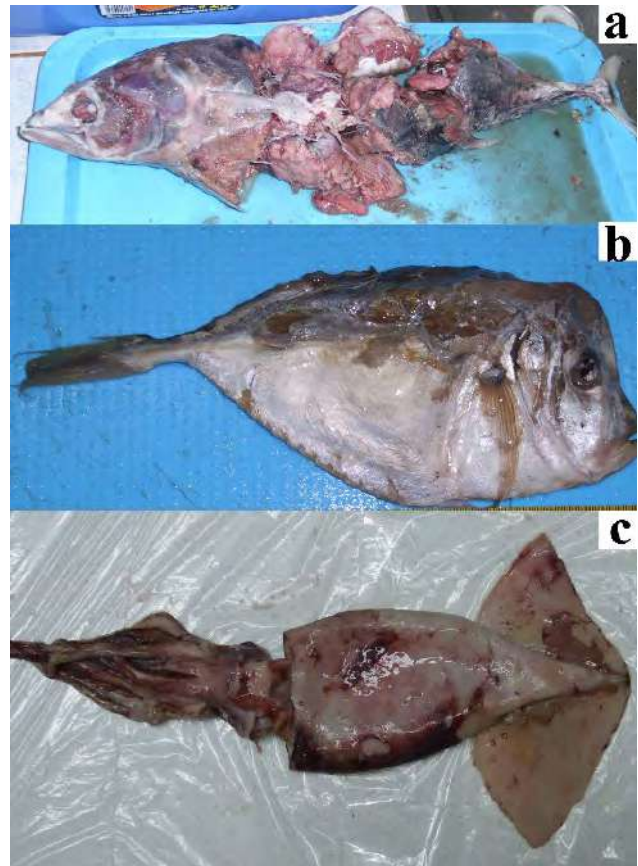


Figura 1. Estado de digestión de algunas presas *Auxis* sp. (a); *Selena peruviana* (b); *Dosidicus gigas* (c), encontradas en los contenidos estomacales de tiburones pelágicos en Ecuador

1.2. Índice de Importancia Relativa e Índice de Importancia Relativa de la Presa-Específica

Para determinar la importancia de cada presa en la dieta se emplean principalmente los métodos de frecuencia de ocurrencia, numérico y gravimétrico, calculados en porcentajes (Cailliet, 1976):

- La Frecuencia de ocurrencia (FO) se refiere al porcentaje (%) de depredadores que se alimentan de una determinada presa.
- El Número (N) es el porcentaje (%) del número de individuos de una determinada presa respecto al total de individuos presa.
- El Peso (P) es el porcentaje (%) en peso de una determinada presa respecto al total de presas.

En general se puede describir la dieta de una forma simple, empleando los resultados de cada método; sin embargo, se considera que cada uno de ellos tiene sesgos debido a que varían en función del tamaño de la presa (entre más pequeñas las presas, mayor número podrán consumir) o el estado de digestión (entre mayor estado de digestión, menor peso de la presa). Considerando esto, se ha optado por utilizar el Índice de Importancia Relativa (IIR), el cual se calcula a partir de los tres métodos anteriores (Pinkas et al., 1971), de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{IIR}=(\%N+\%P)(\%FO) \quad \text{Ecuación 1}$$

A pesar de la funcionalidad del IIR y que por sí solo es un buen descriptor de la dieta, en el año 2012 se propuso una adecuación que lo modifica y renombra como Índice de Importancia Relativa de la presa-específica ($\%P_{\text{SIRR}}$) (Brown et al. 2012) de acuerdo a la ecuación:

$$\%P_{\text{SIRR}} = 0.5 \%FO(\%P_{N_i} + \%P_{W_i}) \quad \text{Ecuación 2}$$

donde $\%FO$ es el porcentaje de frecuencia de ocurrencia y $\%P_{N_i}$ y $\%P_{W_i}$ son la abundancia de la presa-específica por número y peso, respectivamente. La abundancia de la presa-específica se calcula con la ecuación:

$$\%P_{A_i} = \%A_{ij} n_i^{-1} \quad \text{Ecuación 3}$$

donde $\%A_{ij}$ es la abundancia (por número, $\%P_{N_i}$ o peso, $\%P_{W_i}$) de la categoría de presa i en la muestra de estómago j , y n_i es el número de estómagos que contienen la presa i . Este índice considera la redundancia de $\%FO$ en $\%IIR$, y es aditivo con respecto a niveles taxonómicos. De esta manera, el $\%P_{\text{SIRR}}$ de una familia es igual a la suma del $\%P_{\text{SIRR}}$ de las especies contenidas en este taxon (Brown *et al.*, 2012). Dependerá del investigador describir la dieta de su especie de estudio utilizando el $\%IIR$ o el $\%PS_{\text{IIR}}$.

1.3. Análisis de isótopos estables de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$

Isótopo proviene de “igual” (iso) y “lugar” (topo), unido significa “se encuentran en el mismo lugar” y hablando de elementos químicos, se encuentran en el mismo lugar en la tabla periódica, siendo el mismo elemento; además son estables porque no emiten radioactividad. El ^{12}C y ^{14}N se conocen como isótopos ligeros, y los ^{13}C y ^{15}N son isótopos pesados o estables. Los átomos de carbono y nitrógeno ligeros y pesados, al ser consumidos por un organismo se ordenan o fraccionan durante los procesos metabólicos, en forma diferencial, más rápida para los isótopos ligeros. Esto implica que los tejidos de los consumidores se enriquecen en isótopos pesados (^{13}C y ^{15}N) y siempre con mayor concentración que sus presas (Wada et al., 1991; Martínez del Río et al., 2009),

En el nitrógeno, el fraccionamiento isotópico se ha relacionado con la excreción de urea y otros desechos nitrogenados que poseen menos ^{15}N que otros reservorios de nitrógeno en el cuerpo (Macko et al. 1987). En el caso del carbono, el isótopo ligero se elimina fácilmente por la respiración (DeNiro y Epstein, 1978). Para poder analizar y concluir en base a los valores isotópicos se debe obtener la relación del isótopo pesado sobre el ligero ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$), comparado con un estándar establecido para cada elemento, su unidad es expresada como partes por mil. Esto significa que, si una muestra tiene más isótopos pesados ^{13}C y ^{15}N sus valores isotópicos serán mayores, y si tienen más ^{12}C y ^{14}N ocurrirá lo contrario. La abundancia relativa de ^{13}C y ^{15}N y la relación C:N, son medidas tomadas con un espectrómetro de masas.

En el caso de tiburones, previo a la lectura de las concentraciones isotópicas, las muestras se deben enjuagar 10 veces con agua desionizada y durante los enjuagues 1, 5 y 10, se hace una sonicación por 5 minutos. Entre cada lavada se recomienda el uso de una centrífuga para evitar la pérdida de muestra durante el cambio de agua (Kim y Koch, 2011). En la mayoría de las muestras es recomendable realizar la extracción de lípidos siguiendo la metodología propuesta por Bligh y Dyer (1959).

En los estudios de ecología trófica que incluyen el análisis de isótopos estables, las muestras de tejidos deben ser tratadas. Inicialmente, las muestras son descongeladas, enjuagadas con agua destilada, introducidas en viales y, por último, secadas en una estufa durante al menos 48 horas o con un liofilizador. Luego son finamente molidas en un mortero de agata y dependiendo del caso, se realiza la extracción de lípidos con una solución de 5 ml de cloroformo-metanol. Finalmente, se pesan pequeñas cantidades de la muestra (0.9-1.1 mg aprox.) y se colocan en cápsulas de estaño.

Los datos isotópicos se expresan de acuerdo a la siguiente ecuación: $\delta X\text{‰} = [R_{\text{muestra}}/R_{\text{estandar}} - 1] \times 1000$, donde X es ^{13}C o ^{15}N , y R es el cociente $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ o $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$.

La obtención y análisis de los isótopos estables permite calcular la amplitud de nicho trófico y la contribución isotópica de la presa en el tejido del depredador. Para determinar la amplitud del nicho de cada especie se ha utilizado la rutina SIBER (Stable Isotope Bayesian Ellipses in R) (Jackson et al., 2011) del paquete SIAR (Parnell y Jackson, 2013) en R (R Development Core Team, 2017). Esta rutina permite un análisis de medidas basadas en elipses calculadas por una matriz de covarianza, esta matriz define la forma y el área de cada elipse (Jackson et al. 2011), la cual es utilizada como la amplitud de nicho trófico (área de la elipse estándar corregida o SEAc por sus siglas en inglés). En el caso del cálculo de la contribución isotópica de las presas en el tejido del depredador, es necesario conocer la media y la desviación estándar de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ de cada uno de los grupos presa y considerar valores para el factor de enriquecimiento trófico (TEF). Estos valores pueden variar, pero en general se utilizan valores promedio para un grupo de especies. Para el teleosteo *Thunus orientalis*, se reportaron valores de 1.9 ± 0.4 para el $\delta^{15}\text{N}$ y 1.8 ± 0.3 para $\delta^{13}\text{C}$ (Madigan et al. 2012) y para tiburones los valores han sido de 3.7 ± 0.4 para $\delta^{15}\text{N}$ y 1.7 ± 0.5 para $\delta^{13}\text{C}$ (Carlisle et al. 2012; Kim et al. 2012).

La contribución isotópica de las presas en el tejido del depredador se calcula generalmente usando el software SIAR (Análisis de Isótopos Estables en R) (Parnell et al. 2010; Jackson et al. 2011). Este software aplica el modelo bayesiano que permite utilizar varias fuentes alimenticias y calcular la proporción de cada una de ellas en el total del depredador (Parnell et al. 2010).

1.4. Estadísticos

En los estudios ecológicos y en particular en los de ecología trófica es necesario aplicar análisis estadísticos que permitan una adecuada interpretación de los resultados. En este sentido se han aplicado para conocer la diferencia en el número de presas o grupos de presas entre agrupaciones de depredadores construyendo tablas de contingencia $R \times C$ en las que se calcula el estadístico G (Crow, 1981), de acuerdo con la ecuación:

$$G = 2 \sum_{i,j} X_{ij} \ln(X_{ij} / (X_i X_j / N)) \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde X_{ij} es el número de presas de la categoría i ingeridas por los depredadores de la categoría j , X_i es el número de presas de la categoría i ingeridas por todos los depredadores, X_j es el número de presas totales ingeridas por la categoría de depredadores j , y N es el número de presas totales ingeridas por todos los depredadores. Este estadístico tiene una distribución χ^2 de $(H-1)$ ($C-1$) grados de libertad.

En particular, los %FO de presas o grupos de presas entre distintos grupos de depredadores se pueden comparar por medio de transformación en proporciones y realizando una comparación de dos o más proporciones.

Estudios recientes (Loor-Andrade et al. 2017b; Rosas-Luis et al. 2017) han incluido análisis de similaridad ANOSIM que están basados en coeficientes de Bray-Curtis aplicado al %IIR previamente tratado y transformado a $\log(x+1)$. Este análisis corresponde al conjunto de pruebas no paramétricas y de análisis de varianza multivariada, y se usa para identificar diferencias entre las presas de los depredadores analizados.

El análisis consiste en permutar los datos, 999 veces, para obtener una distribución y determinar el valor del estadístico R y su significancia, de este modo valores de R cercanos a 0 indican igualdad, mientras que cercanos a 1 indican divergencia. En este mismo grupo de pruebas se encuentra el análisis de agrupamiento con dendrogramas (SIMPER), que ayudan a la identificación de presas que pueden discriminar o agrupar a los depredadores.

1.5. Suficiencia de muestreo para el estudio de ecología trófica

En estudios sobre la dieta de un organismo es necesario comprobar que el tamaño de muestra utilizado es el adecuado, para ello se utilizan

curvas acumulativas de presas (Fig. 2), que pueden ser calculadas de forma básica obteniendo la acumulación de presas diferentes conforme aumenta el número de estómagos analizados, o con rutinas avanzadas como el paquete Vegan (Oksanen et al. 2010) en R (R Development Core Team, 2017). La media de la curva de acumulación de especies (± 2 desviación estándar) se grafica de 500 permutaciones al azar de los datos. Cuando la curva se aproxima a la asíntota, se asume que el número de muestras es suficiente para describir la dieta (Hurtubia, 1973).

Cuando la asíntota no es evidente se ajusta una línea recta a los últimos 4 puntos y se compara la pendiente de la línea con una línea de pendiente cero, alcanzando la asíntota cuando las líneas no difieren significativamente (Bizzarro et al. 2007).

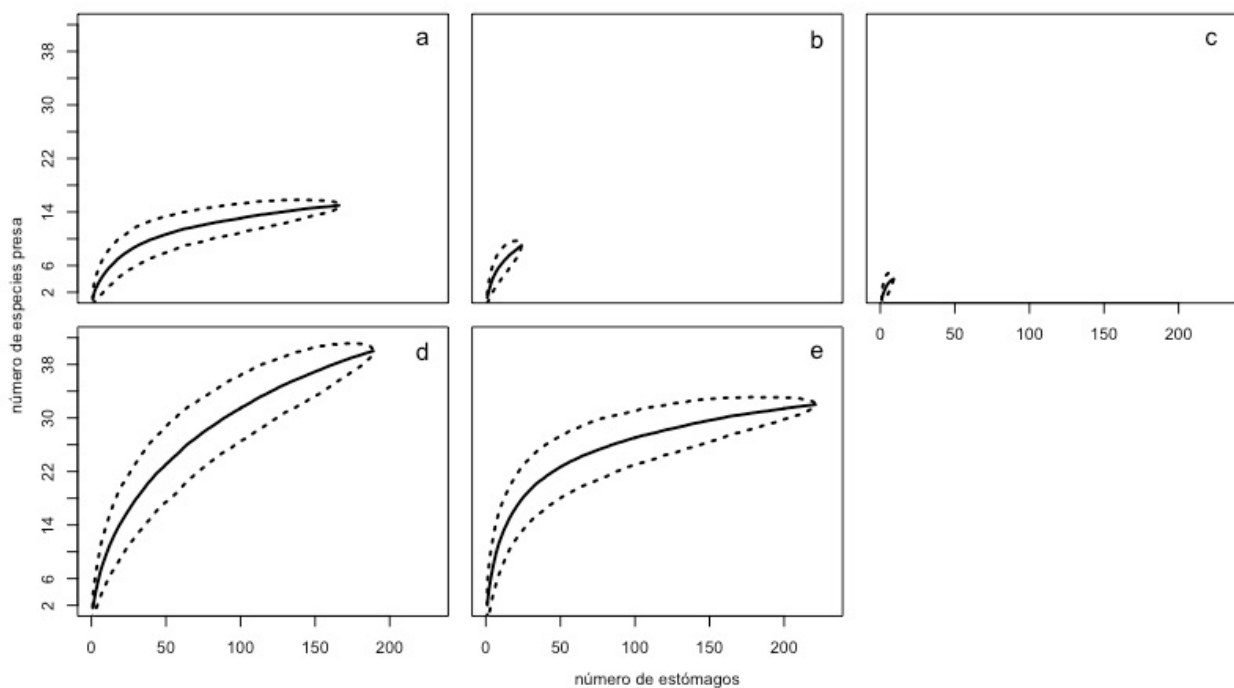


Figura 2. Ejemplos de curvas de acumulación de presas de tiburones. *Alopias pelagicus* (a), *Alopias superciliosus* (b), *Carcharhinus falciformis* (c), *Isurus oxyrinchus* (d) y *Prionace glauca* (e)

2. Ecología trófica de tiburones pelágicos

2.1. Dieta de tiburones basada en contenidos estomacales, Índice Específico de la Presa de Importancia Relativa P_{SIRR}

Los resultados del análisis de contenidos estomacales, reportados por Rosas-Luis et al. (2016a ,b; 2017), y Loor-Andrade et al. (2017a), muestran los hábitos alimentarios de *Alopias*

pelagicus, *Alopias superciliosus*, *Carcharhinus falciformis*, *Isurus oxyrinchus* y *Prionace glauca* (Tablas 1, 2, 3). Para su análisis se contemplaron muestras de 223 *Alopias pelagicus* (49-305 cm L_{PC}), 50 *Alopias superciliosus* (105-227 cm L_{PC}), 21 *Carcharhinus falciformis* (40-190 cm L_{PC}), 370 *Isurus oxyrinchus* (85-220 cm L_{PC}) y 447 *Prionace glauca* (79-270 cm L_{PC}). De los estómagos de *A. pelagicus* analizados, 166

contenían presas representado un total del 16 taxa. Para *A. superciliosus*, 24 estómagos contenían presas, representando 7 taxa. Para *C. falciformis*, 10 estómagos contenían presas y se identificaron un total de 4 taxa. Para *I. oxyrinchus*, 189 estómagos contenían presas, representando un total de 40 taxa. Para *P. glauca*, 221 estómagos contenían presas y se identificaron un total de 30 taxa. La curva acumulativa de presas no alcanzó la asíntota para ninguno de los tiburones analizados ($p < 0.05$) (Fig. 2).

Para *A. pelagicus* y *P. glauca*, los cefalópodos fueron la categoría de presas más importante (59.0 y

83.1% P_{SIRR} , respectivamente), mientras que para *A. superciliosus*, *C. falciformis* y *I. oxyrinchus* los peces fueron el grupo más importante (69.4, 93.3 y 52.6% P_{SIRR} , respectivamente). El calamar *D. gigas* fue la presa más importante para *Alopias pelagicus* y *Isurus oxyrinchus* (52.7 y 24.8% P_{SIRR} , respectivamente). Para *A. superciliosus* la merluza *Merluccius gayi* fue la presa más importante (29.2% P_{SIRR}) (Tabla 1) mientras que para *C. falciformis* fue el escómbrido *Katsuwonus pelamis* (44.4% P_{SIRR}) (Tabla 2). Para *P. glauca* el calamar *Ancistrocheirus lesueurii* (28.8% P_{SIRR}) fue la presa más representativa (Tabla 3).

Tabla 1:

Composición de la dieta de *Alopias pelagicus* y *Alopias superciliosus*

Especies presa	<i>Alopias pelagicus</i>						<i>Alopias superciliosus</i>					
	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIRR}	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIRR}
Osteichthyes												
<i>Auxis</i> spp.	<0.1	47.8	2.3	54.7	2.6	2.5	0.1	66.7	8.3	70.9	8.9	8.6
<i>Auxis thazard</i>	<0.1	100	0.6	100	0.6	0.6						
<i>Benthoosema panamense</i>	0.1	98.4	7.1	90.6	6.5	6.8						
<i>Katsuwonus pelamis</i>	<0.1	12.5	0.1	93.2	0.6	0.3						
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	<0.1	46.3	1.1	30.7	0.7	0.9						
<i>Merluccius gayi</i>	0.2	89.4	18.3	86.2	17.7	18	0.3	100	29.2	100	29.2	29.2
<i>Myctophum</i> sp.	0.1	99.9	6	99.2	6	6						
<i>Pristigenys serrula</i>	1.2	16.7	0.2	3.8	<0.1	0.1	<0.1	100	4.2	100	4.2	4.2
<i>Regalecus glesne</i>	<0.1	100	0.6	100	0.6	0.6						
Peces no identificados	0.1	73.8	5.3	70.2	5.1	5.2	0.3	92.9	27.1	95.8	27.9	27.5
Cephalopoda												
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	<0.1	14.6	0.2	24.4	0.3	0.2	0.1	87.5	7.3	52.8	4.4	5.8
<i>Argonauta</i> spp.	<0.1	69.2	0.4	31.8	0.2	0.3						
<i>Dosidicus gigas</i>	0.6	87.5	52.2	89.2	53.2	52.7	0.2	87.5	18.2	83.2	17.3	17.8
<i>Histioteuthis dofleini</i>	<0.1	27.1	0.5	0.9	<0.1	0.3	<0.1	25	1	94.5	3.9	2.5
<i>Mastigotthis dentata</i>							<0.1	12.5	0.5	0.6	<0.1	0.3
Ommastrephidae	<0.1	64.8	1.2	86	1.6	1.3						
Cefalópodos no identificados	0.1	75.1	4.1	72.4	4.4	4.2	<0.1	100	4.2	100	4.2	4.2

Nota: Organizado por por frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de abundancia específica de presas (%P_{Ni}), porcentaje de número (%N), porcentaje del peso específico de la presa (%P_{Wi}) porcentaje de peso (%W) e índice de importancia relativa de la presa-específica (%P_{SIRR}).

Tabla 2:Composición de la dieta de *Carcharhinus falciformis* e *Isurus oxyrinchus*

Especies presa	<i>Carcharhinus falciformis</i>						<i>Isurus oxyrinchus</i>					
	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIR}	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIR}
Osteichthyes												
<i>Aluterus monoceros</i>							<0.1	100	0.5	100	0.5	0.5
<i>Auxis</i> spp.							0.1	67.2	9.6	76.2	10.9	10.2
Belonidae							<0.1	63.9	1	83.9	1.3	1.2
<i>Caranx</i> sp.							<0.1	25	0.1	37.6	0.2	0.2
<i>Coryphaena hippurus</i>							<0.1	69.8	3	93.5	4	3.5
<i>Cubiceps paradoxus</i>							<0.1	50	0.3	38.8	0.2	0.2
<i>Decapterus macarellus</i>							<0.1	16.7	0.1	14.1	0.1	0.1
<i>Decapterus macrosoma</i>							<0.1	14.1	0.1	41.7	0.4	0.5
<i>Decapterus</i> sp.							<0.1	22.2	0.2	90.9	0.1	0.6
Haemulidae							<0.1	37.5	0.4	64.8	0.7	0.5
<i>Katsuwonus pelamis</i>	0.4	100	44.4	100	44.4	44.4	0.1	81.9	7.8	94.2	9	8.4
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	0.2	75.0	16.7	64.4	14.3	15.5	0.1	5.7	67.7	6	70.6	5.9
<i>Merluccius gayi</i>							<0.1	100	0.5	100	0.5	0.5
<i>Mugil cephalus</i>							<0.1	25	0.1	100	<0.1	0.1
<i>Pristigenys serrula</i>							<0.1	50	0.5	67.9	0.7	0.6
<i>Regalecus glesne</i>							<0.1	33.3	0.2	31.9	0.2	0.2
<i>Remora remora</i>							<0.1	25	0.1	25	0.1	0.1
<i>Scomber japonicus</i>							<0.1	16.7	0.2	27.6	0.3	0.2
Scombridae							<0.1	94.2	1.1	71.4	1.6	1.4
<i>Thunnus albacares</i>	0.2	100	22.2	100	22.2	22.2	<0.1	85	2.2	100	2.6	2.4
Peces no identificados	0.1	100	11.1	100	11.1	11.1	9	71.8	6.5	73.4	7.3	15
Cephalopoda												
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>							0.2	49.6	8.4	29.7	5	6.7
<i>Dosidicus gigas</i>	0.1	50.0	5.6	71.3	7.9	6.7	0.3	76.1	26.2	67.2	23.5	24.8
<i>Gonatus</i> sp.							<0.1	22.9	0.2	0.3	<0.1	0.1
<i>Histioteuthis dofleini</i>							<0.1	33	1	16	0.6	0.8
<i>Histioteuthis</i> sp.							<0.1	43.3	1.1	18.3	0.5	0.8
<i>Hyaloteuthis pelagica</i>							<0.1	33.9	0.4	75	0.1	0.2
<i>Liocranchia reinhardti</i>							1	12.5	0.1	5.4	0.1	0.1
<i>Loligo</i> sp.							2	58.3	1.2	21.7	0.4	0.8
<i>Martialia hyadesia</i>							<0.1	50	0.3	48.1	0.3	0.3
<i>Mastigoteuthis dentata</i>							<0.1	18.3	0.2	0.1	<0.1	0.1
<i>Octopodoteuthis sicula</i>							<0.1	27.8	0.6	20.7	0.4	0.5
<i>Onychoteuthis</i> sp. 1							<0.1	35.8	1.7	11.6	0.6	1.1
<i>Onychoteuthis</i> sp. 2							<0.1	50	0.8	33.9	0.5	0.7
<i>Opistoteuthis</i> sp.							<0.1	50	0.3	49.9	0.3	0.3
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>							<0.1	83.3	1.3	85.6	1.4	1.3
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>							<0.1	50.4	2.1	41.5	1.8	1.9
<i>Toradores pacificus</i>							<0.1	11.1	0.1	1.3	<0.1	<0.1
Cefalópodos no identificados							0.1	75	4.4	80.4	4.7	4.5

Chondrichthyes

<i>Mobula japonica</i>	0.1	80.4	4.7	100	0.5	0.5
------------------------	-----	------	-----	-----	-----	-----

Mammalia

Delfinidae			0.5		0.8	0.9
Restos de mamíferos	<0.1	100	1.6	100	1.6	1.6

Nota: Organizado por por frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de abundancia específica de presas (%PNi), porcentaje de número (%N), porcentaje del peso específico de la presa (%PWi) porcentaje de peso (%W) e índice de importancia relativa de la presa-específica (%PSIIR).

Tabla 3:
Composición de la dieta de *Prionace glauca*

Especies presa	<i>Prionace glauca</i>					
	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIR}
Osteichthyes						
<i>Auxis</i> spp.	<0.1	53.8	1	66.3	1.2	1.1
Belonidae	<0.1	25.9	0.5	39.6	0.7	0.6
<i>Coryphaena hippurus</i>	<0.1	100	0.5	100	0.5	0.5
<i>Decapterus</i> sp.	<0.1	33.3	0.2	99.9	0.5	0.3
<i>Engraulis mordax</i>	<0.1	26.9	0.2	50.3	0.5	0.3
Haemulidae	<0.1	25	0.1	28.4	0.1	0.1
<i>Katsuwonus pelamis</i>	<0.1	57.5	1.6	93.3	2.5	2
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	<0.1	36.3	0.7	58.1	1.1	0.9
<i>Lepophidium</i> sp.	<0.1	25	0.1	5.3	<0.1	0.1
<i>Merluccius gayi</i>	<0.1	7.5	0.1	75.2	0.7	0.4
<i>Sarda</i> sp.	<0.1	20.8	0.2	8.8	0.2	0.1
<i>Scomberomorus sierra</i>	<0.1	25	0.1	43.4	0.2	0.2
Scombridae	<0.1	55	0.5	50.1	0.5	0.5
Peces no identificados	0.1	45.7	3.3	69.6	5	4.2
Cephalopoda						
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>	0.5	59.2	29.2	57.5	28.4	28.8
<i>Argonauta</i> spp.	0.1	29.7	2.7	19.4	1.8	2.2
<i>Dosidicus gigas</i>	0.2	47	7.6	60.3	9.8	8.7
<i>Gonatus</i> sp.	0.2	39.7	8.1	31.8	6.5	7.3
<i>Histioteuthis dofleini</i>	0.3	41.1	13.6	32.8	10.8	12.1
<i>Histioteuthis heteropsis</i>	<0.1	57.8	1.8	49.6	1.6	1.7
<i>Histioteuthis</i> sp.	<0.1	19	0.6	5.7	0.2	0.4
<i>Mastigoteuthis dentata</i>	0.1	22	1.3	14.7	0.9	1.1
<i>Octopodoteuthis sicula</i>	0.2	19.5	3.4	11.1	2	2.7
<i>Octopodoteuthis</i> sp.	<0.1	100	0.5	100	0.5	0.5
<i>Onychoteuthis</i> sp. 1	0.1	36.7	4.8	28.4	3.7	4.3
<i>Onychoteuthis</i> sp. 2	0.1	37.9	2.7	43.8	3.2	3
<i>Opistoteuthis</i> sp.	<0.1	29.4	1.2	16.9	0.7	0.9
<i>Polydoteuthis boschmai</i>	0.1	12.9	0.7	5.2	0.3	0.5
<i>Vampyroteuthis infernalis</i>	<0.1	17.4	0.8	6.3	0.3	0.5
Cefalópodos no identificados	0.1	72.9	7.9	78.2	8.8	8.4
Mammalia						

Delfinidae	<0.1	8.6	0.1	43.9	0.6	0.4
Restos de mamíferos	0.1	59	4	91.3	6.2	5.1

Nota: Organizado por por frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de abundancia específica de presas (%PNi), porcentaje de número (%N), porcentaje del peso específico de la presa (%PWi) porcentaje de peso (%W) e índice de importancia relativa de la presa-específica (%PSIIR).

2.2. Contribución isotópica de las presas en los tiburones

Para el estudio de isotopos estables, Rosas-Luis et al. (2017), reportó la amplitud y traslape del nicho trófico de los tiburones, demostrando que no hay diferencias significativas entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de *A. pelagicus*, *C. falciformis*, *I. oxyrinchus*

y *P. glauca* ($F = 1.37$, $gl=3$, $p>0.05$), sin embargo se registraron diferencias significativas entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ($H = 49.68$, $df=3$, $p<0.05$) (Tabla 4). La amplitud de nicho fue mayor para *A. pelagicus* ($SEAc = 1.53$), seguido por *P. glauca*, *I. oxyrinchus* y *C. falciformis* ($SEAc = 1.36$, 1.13 , 0.88 , respectivamente) (Fig. 3).

Tabla 4:

Promedio (\pm DS) de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los tiburones. M: macho; H: hembra; I: indeterminado. La longitud corresponde a longitud precaudal

Especie	n	Sexo			Longitud (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
		M	H	I			
<i>Alopias pelagicus</i>	19	8	4	7	142 \pm 25.1	-16.7 \pm 0.3	13.8 \pm 1.4
<i>Carcharhinus falciformis</i>	13	2	4	7	120.8 \pm 16.9	-16.7 \pm 0.2	14.6 \pm 1.4
<i>Isurus oxyrinchus</i>	19	7	1	11	145.5 \pm 19.8	-16.6 \pm 0.3	18.5 \pm 1.3
<i>Prionace glauca</i>	20	8	4	8	167.7 \pm 25.7	-16.6 \pm 0.2	18.6 \pm 1.8

Nota: M: macho; H: hembra; I: indeterminado. La longitud corresponde a longitud precaudal.

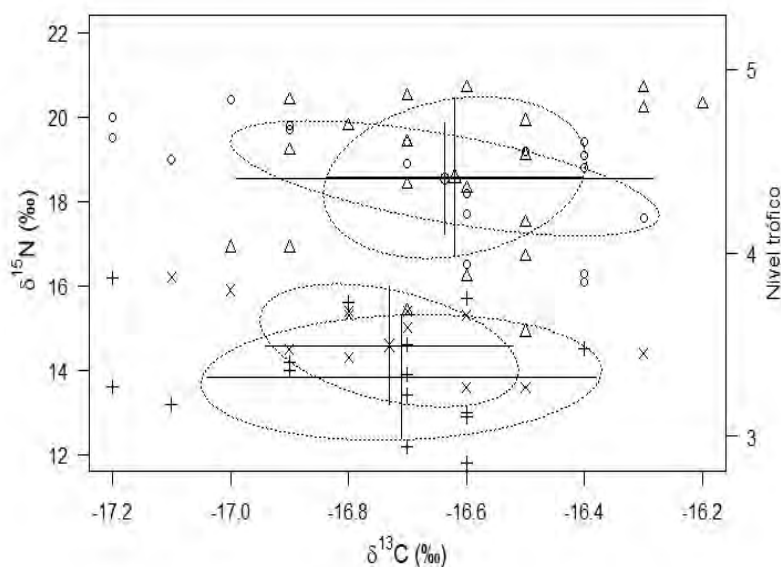


Figura 3. Valores individuales y promedio (\pm DS) de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para *Alopias pelagicus* (+), *Carcharhinus falciformis* (x), *Isurus oxyrinchus* (o) y *Prionace glauca* (Δ). Los elipses representan el área estándar del elipse (SEA, por sus siglas en inglés)

3. Ecología trófica de picudos

3.1. Dieta de picudos basada en contenidos estomacales Índice Específico de la Presa de Importancia Relativa P_{SIRR}

Los resultados del análisis de contenidos estomacales, reportados por Rosas-Luis et al. (2016a ,b; 2017), y Loor-Andrade et al. (2017b), muestran las presas consumidas por *Istiophorus platypterus*, *Makaira nigricans*, *Kajikia audax* y *Xiphias gladius*. En total se analizaron 267 *Istiophorus platypterus* (153-240 cm L_{LF}), 274 *Makaira nigricans* (185-350 cm L_{LF}), 321 *Kajikia audax* (152-265 cm L_{LF})

y 252 *Xiphias gladius* (100-276 cm L_{LF}). De los estómagos de *I. platypterus*, 100 estómagos contenían presas, representando un total de 12 taxa. Para *M. nigricans*, 84 estómagos contenían presas representado un total del 11 taxa. De los estómagos de *K. audax* 154 contenían presas y se identificaron un total de 16 taxa. Para *X. gladius*, 108 estómagos contenían presas y se identificaron un total de 12 taxa. La curva acumulativa de presas no alcanzó la asíntota en ninguno de los casos ($p < 0.05$) lo que evidencia la necesidad de continuar con los estudios de ecología trófica en Ecuador, a fin de obtener resultados con mayor precisión (Fig. 4).

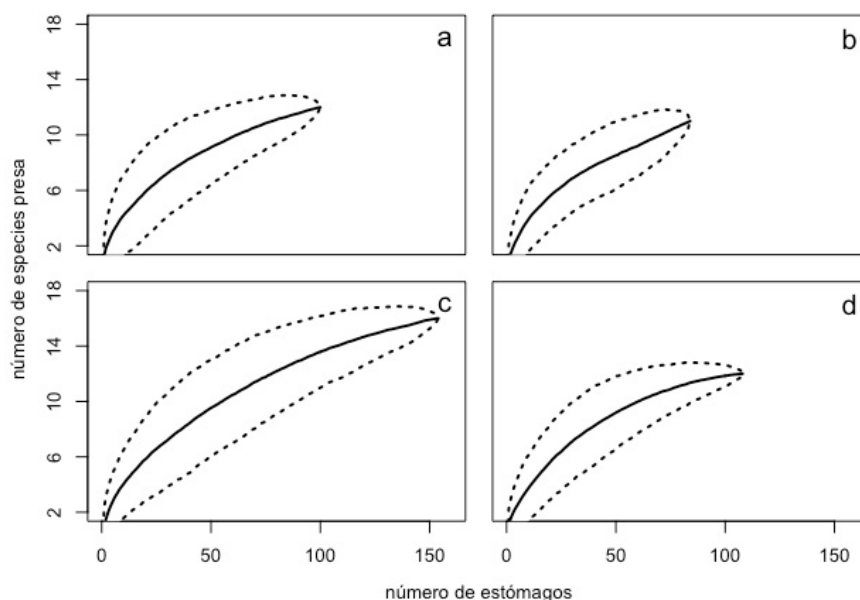


Figura 4. Curva acumulativa de presas para *Istiophorus platypterus* (a), *Makaira nigricans* (b), *Kajikia audax* (c) y *Xiphias gladius* (d)

Para *I. platypterus*, *M. nigricans* y *K. audax*, los peces fueron la categoría de presas más importante (93.7%, 90.1% y 84.2% P_{SIRR} , respectivamente), principalmente los escómbridos del género *Auxis* spp., que es la presa más importante en la dieta

(66.7%, 52.3% y 43.7% P_{SIRR} , respectivamente) (Tabla 1). Para *X. gladius*, los cefalópodos fueron el grupo más significativo (89.1% P_{SIRR}) con el calamar *Dosidicus gigas* como la presa más importante (70.3% P_{SIRR}) (Tabla 5, 6).

Tabla 5:

Composición de la dieta de *Istiophorus platypterus* y *Makaira nigricans*

Especies presa	<i>Istiophorus platypterus</i>						<i>Makaira nigricans</i>					
	%FO	% P_{Ni}	%N	% P_{Wi}	%W	% P_{SIRR}	%FO	% P_{Ni}	%N	% P_{Wi}	%W	% P_{SIRR}
Osteichthyes												
<i>Aluterus monoceros</i>							1.2	100	1.2	100	1.2	1.2
<i>Auxis</i> spp.	75	88.8	66.6	89	66.8	66.7	57.1	92.1	52.7	91	52	52.3
<i>Auxis thazard</i>	1	100	1	100	1	1						

Belonidae	3	59.6	1.8	56.7	1.7	1.7						
<i>Coryphaena hippurus</i>							1.2	100	1.2	100	1.2	1.2
<i>Etrumeus teres</i>	3	32.9	1	38.8	1.2	1.1						
<i>Katsuwonus pelamis</i>							7.1	87.5	6.3	93.5	6.7	6.5
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	19	64.6	12.3	65.5	12.4	12.4	7.1	86.7	6.2	85.2	6.1	6.1
<i>Merluccius gayi</i>	3	76.9	2.3	60.5	1.8	2.1						
<i>Mugil cephalus</i>							6	93.3	5.6	95.6	5.7	5.6
<i>Opisthonema libertate</i>	1	100	1	100	1	1						
<i>Pristigenys serrula</i>							1.2	16.7	0.2	3.8	<0.1	0.1
Scombridae	1	33.3	0.3	15	0.2	0.2	1.2	100	1.2	100	1.2	1.2
<i>Scomber japonicus</i>	2	22.5	0.5	40.1	0.8	0.6						
Peces no identificados	9	71.8	6.5	73.4	7.3	6.9	17.9	90.2	16.1	87.4	15.6	15.9
Cephalopoda												
<i>Ancistrocheirus lesueurii</i>							1.2	100	1.2	100	1.2	1.2
<i>Liocranchia reinhardti</i>	1	12.5	0.1	5.4	0.1	0.1						
<i>Loligo</i> sp.	2	58.3	1.2	21.7	0.4	0.8						
Onychoteuthidae							1.2	100	1.2	100	1.2	1.2
Cefalópodos no identificados	3	52.8	1.6	38.9	1.2	1.4	2.4	100	2.4	100	2.4	2.4

Nota: por frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de abundancia específica de presas (%PNi), porcentaje de número (%N), porcentaje de peso específico de la presa (%PWi) porcentaje de peso (%W) e índice de importancia relativa de la presa-específica (%PSIIR).

Tabla 6:
Composición de la dieta de *Kajikia audax* y *Xiphias gladius*

Especies presa	<i>Kajikia audax</i>						<i>Xiphias gladius</i>					
	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIIR}	%FO	%P _{Ni}	%N	%P _{Wi}	%W	%P _{SIIR}
Osteichthyes												
<i>Aluterus monoceros</i>	0.6	100	0.6	100	0.6	0.6						
<i>Auxis</i> spp.	51.3	85.6	43.9	85	43.6	43.7	2.8	75	2.1	70.4	2	2
<i>Auxis thazard</i>	0.6	100	0.6	100	0.6	0.6						
<i>Balistes polylepis</i>	1.3	75	1	69.1	0.9	0.9						
Belonidae	1.3	100	1.3	100	1.3	1.3						
<i>Decapterus macrosoma</i>	1.3	75	1	67.6	0.9	0.9						
<i>Etrumeus teres</i>							1.9	14.6	0.3	6.3	0.1	0.2
<i>Katsuwonus pelamis</i>	1.9	100	1.9	100	1.9	1.9	1.9	41.7	0.8	34.6	0.6	0.7
<i>Lagocephalus lagocephalus</i>	10.4	59.5	6.2	57.3	6	6.1	6.5	74.3	4.8	70.8	4.6	4.7
<i>Merluccius gayi</i>	1.9	86.7	1.7	89.4	1.7	1.7	1.9	53.1	1	44.3	0.8	0.9
<i>Mugil cephalus</i>	1.9	100	1.9	100	1.9	1.9	1.9	66.7	1.2	61.4	1.1	1.2
<i>Pristigenys serrula</i>	1.3	62.5	0.8	91.9	1.2	1						
Scombridae	0.6	50	0.3	64.8	0.4	0.4						
<i>Thunnus albacares</i>	1.3	57.1	0.7	99.6	1.3	1						
Peces no identificados	26	84.2	21.9	84.3	21.9	21.9	3.7	37.5	1.4	29.1	1.1	1.2
Cephalopoda												
<i>Argonauta</i> spp.	0.6	50	0.3	34.5	0.2	0.3	0.9	50	0.5	25	0.2	0.3

<i>Dosidicus gigas</i>	16.2	66.7	10.8	65.6	10.6	10.7	78.7	89.5	70.4	89.2	70.2	70.3
<i>Hyaloteuthis pelagica</i>							0.9	22.2	0.2	23.6	0.2	0.2
Onychoteuthidae							1.9	8.5	0.2	6.1	0.1	0.1
<i>Sthenoteuthis oualaniensis</i>	0.6	100	0.6	100	0.6	0.6	2.8	86.7	2.4	86.7	2.4	2.4
<i>Thysanoteuthis rhombus</i>							10.2	57.4	5.8	61.1	6.2	6
Cefalópodos no identificados	5.8	72.6	4.2	70.6	4.1	4.2	13.9	64.6	9	69.2	10.2	9.6

Nota: por frecuencia de ocurrencia (%FO), porcentaje de abundancia específica de presas (%PNi), porcentaje de número (%N), porcentaje de peso específico de la presa (%PW) porcentaje de peso (%W) e índice de importancia relativa de la presa-especifica (%PSIIR).

3.2. Contribución isotópica de las presas en los picudos

Para el estudio de isótopos estables, Rosas-Luis et al. (2017), reportaron la amplitud y traslape del nicho trófico de los picudos. Esos resultados indican que no se hay diferencias significativas entre los valores de $\delta^{13}\text{C}$ de *I. platypterus*, *M. nigricans* y *X. gladius* ($F = 1.05$, $gl=2$, $p \geq$

0.05), sin embargo, si se registraron diferencias significativas entre los valores de $\delta^{15}\text{N}$ ($H = 7.40$, $gl=2$, $p < 0.05$) (Tabla 7). *Makaira nigricans* y *X. gladius* registraron una mayor amplitud de nicho considerando el área del elipse corregida SEAc (0.71 y 0.69, respectivamente); mientras que *I. platypterus* presentó una menor amplitud de nicho (SEAc = 0.44) (Fig. 5).

Tabla 7:

Promedio (\pm DS) de los valores de $\delta^{13}\text{C}$ y $\delta^{15}\text{N}$ para los picudos. M: macho; H: hembra; I: indeterminado. La longitud corresponde a longitud furcal

Especie	n	Sexo			Longitud (cm)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
		M	H	I			
<i>Istiophorus platypterus</i>	19	2	9	8	188.2 \pm 29.9	-16.6 \pm 0.3	-15.1 \pm 0.5
<i>Makaira nigricans</i>	20	0	14	6	238.2 \pm 43.3	-16.4 \pm 0.2	-14.6 \pm 1.1
<i>Xiphias gladius</i>	20	0	8	12	162 \pm 38	-16.5 \pm 0.3	-14.3 \pm 1.1

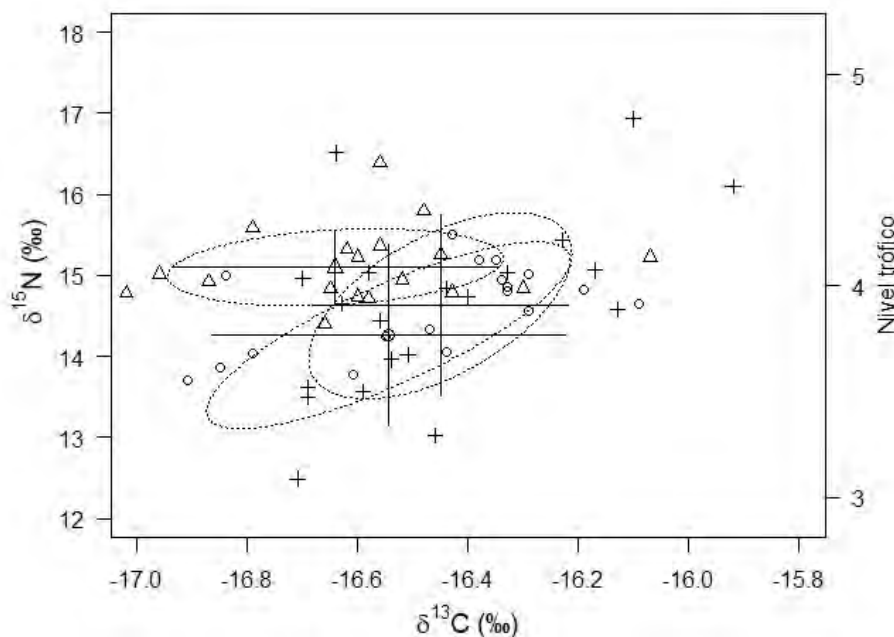


Figura 5. Valores individuales y promedio (\pm DS) para *Istiophorus platypterus* (Δ), *Makaira nigricans* (+) y *Xiphias gladius* (o). Los elipses representan el área estándar del elipse (SEAc, por sus siglas en inglés)

4. Red trófica de los tiburones y peces pelágicos mayores

En general, los análisis de isótopos estables y de identificación de contenidos estomacales muestran que estos depredadores aprovechan las presas que habitan en abundancia en aguas ecuatorianas. Tanto los tiburones como los picudos muestran valores similares de $\delta^{13}\text{C}$. Los valores más positivos de este isótopo se han relacionado a áreas de alta producción primaria (France y Peters 1997; Ménard et al. 2007; Carlisle et al. 2015), lo que implica que el Pacífico ecuatoriano mantiene esta característica, que beneficia tanto al ecosistema como a la actividad pesquera. Ecuador se ha caracterizado como un país con alta producción pesquera tanto de tiburones como de picudos (Martínez-Ortiz et al. 2015). La alta producción pesquera está directamente soportada por una alta producción primaria y el incremento de presas disponibles para los depredadores; para el caso de las especies analizadas, se han identificado presas clave que ayudan al mantenimiento e interacción de la compleja red trófica en la costa ecuatoriana (Fig.6). Una de estas especies es el calamar de Humboldt *Dosidicus gigas* (Morales-Bojórquez y Pacheco-Bedoya 2016; Rosas-Luis y Chompoy-Salazar 2016; Rosas-Luis et al. 2017), así como los peces del género *Auxis* (familia Scombridae), que aparentan ser eslabón importante en la

transferencia de biomasa entre los niveles bajos y los depredadores tope (Holland et al. 1990; Schaefer et al. 2009).

Sin embargo, a pesar de que estos depredadores consumen recursos similares en este ecosistema, no se evidencia una competencia directa por los recursos alimentarios, esto ha sido identificado con el uso del isótopo de $\delta^{15}\text{N}$, el cual ha mostrado que existe un consumo diferenciado de presas, donde los depredadores consumen presas dependiendo de su talla y de la talla de las presas (entre mayor es la talla del depredador, mayor la talla de la presa) (Post 2002; Hussey et al. 2014; Rosas-Luis et al. 2017). Los valores altos de nitrógeno indican la posición trófica del depredador, y en aguas ecuatorianas se sigue la regla de que, a mayor talla mayor es el nivel trófico también.

Es importante notar que estos depredadores son especies altamente migratorias, que se alimentan constantemente de las presas disponibles en las rutas donde se encuentren y movilizan; por lo tanto, la “firma” isotópica que contendrán en sus tejidos será una combinación de las presas consumidas en un periodo de tiempo (Richert et al. 2015), en este caso de dos a cuatro meses, en el tejido muscular de picudos; mientras que, algunos estudios, sugieren periodos mayores a un año para los tiburones (MacNeil et al. 2006; Logan y Lutcavage 2010).

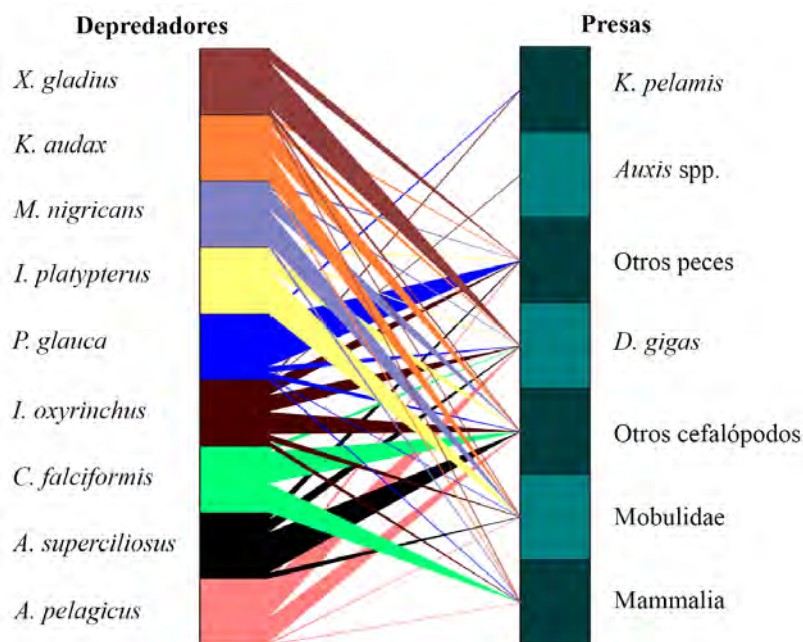


Figura 6. Especies de tiburones, picudos y sus presas identificadas en los contenidos estomacales. Proporción basada en el P_{SIR}

5. Perspectivas futuras en el estudio de la ecología trófica

El análisis de la ecología trófica, en pelágicos mayores (tiburones y picudos) en aguas ecuatorianas del Pacífico suroriental, muestra la interacción que existe entre los depredadores y sus presas; sin embargo, se observa que es necesario mantener un monitoreo de los hábitos alimentarios, ya que el consumo de presas puede cambiar y de forma indirecta, indicar cambios en el ecosistema. La disminución o incremento de presas podría desequilibrar a las poblaciones de depredadores.

Se evidencia la necesidad de implementar estudios que consideren el análisis de series de tiempo, con ello identificar tendencias en las abundancias de depredadores y presas, y de forma directa estimar posibles escenarios frente al cambio climático global. Es recomendable también, que se integren estudios de bioacumulación de ácidos grasos y contaminantes, de modo que en combinación con estudios de isótopos estables se obtenga un panorama global de la transferencia de materia y energía, así como de los impactos que se pueden estar generando en las redes tróficas locales.

El estudio de las interacciones tróficas representa un avance importante en el conocimiento de la ecología de nuestros océanos, no obstante, es importante incluir análisis bioeconómicos que permitan una valoración adecuada de los servicios ecosistémicos de esos recursos; estudios que incluyan variaciones en costos de captura y

ganancias para los pescadores y todo el sector pesquero.

La identificación de organismos con el uso del código de barras (DNA Barcoding por sus siglas en inglés), se presenta como una oportunidad para lograr mayor claridad en la identificación de las presas consumidas por los depredadores. Esta técnica debería ser implementada en investigaciones futuras en Ecuador. Dentro de estos análisis genéticos, se encuentra en desarrollo y con potencial de uso en ecología trófica, la aplicación de metagenómica. La metagenómica es una técnica que incluye la identificación, por código de barras, en un multi secuenciador, permitiendo la identificación de todas las presas contenidas en una mezcla dentro del estómago. Aunque aún está en proceso de perfeccionamiento, en un futuro podría ser una técnica complementaria a los análisis tradicionales de contenidos estomacales.

Agradecimientos y reconocimientos

Los autores agradecemos el apoyo directo del Departamento Central de Investigación de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí (ULEAM) quien fue la institución que impulsó el proyecto. Agradecimientos especiales a los estudiantes de la Facultad de Ciencias del Mar de la ULEAM por su apoyo en la colecta de muestras. De igual manera a los pescadores y evisceradores de las localidades de estudio, quienes prestaron las facilidades para la colecta de muestras.

Bibliografía

- Acuña-Perales, N., Córdova-Zavaleta, F., Arrese-Dávila, V., Torrejón-Zegarra, R., Rodríguez-Salazar, J., González-Pestana, A., Alfaro-Shigueto, J., y Mangel, J.C. (2020). Guía de identificación de picos de algunas especies de cefalópodos obtenidos en el Mar Peruano. ProDelphinus, Lima, Peru.
- Abitía-Cárdenas, L., Arizmendi-Rodríguez, D., Gudiño-González, N., y Galván-Magaña, F. (2010). Feeding of blue marlin *Makaira nigricans* off Mazatlan, Sinaloa, Mexico. Latin American Journal of Aquatic Research, 38, 281-285
- Bizzarro, J.J., Robinson, H.J., Rinewalt, C.S., y Ebert D.A. (2007). Comparative feeding ecology of four sympatric skate species off central California, USA. Environmental Biology of Fishes, 80, 197-220.

- Bligh, E.G., y Dyer W.J. (1959). A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37, 911-917
- Breiby, A., y Jobling, M. (1985). Predatory role of the flying squid *Todarodes sagittatus* in North Norwegian waters. *NAFO Scientific Council Studies*, 9, 125-132.
- Brown, S.C., Bizzarro, J.J., Cailliet, G.M., y Ebert D.A. (2012). Breaking with tradition: redefining measures for diet description with a case study of the Aleutian skate *Bathyraja aleutica* (Gilbert 1896). *Environmental Biology of Fishes*, 95, 3-20.
- Cailliet, G.M. (1976). Several approaches to the feeding ecology of fishes. En: Simenstad, C.A., Lipovsky, S.J. (Editores.). *Fish Food Habits Studies. 1st Pacific Northwest Technical Workshop Proceedings*. Astoria, OR, October 13–15, University of Washington. Washington Sea-Grant Publications, Seattle, pp. 1-13.
- Carlisle, A.B., Kim, S.L., Semmens, B.X., Madigan, D.J., Jorgensen, S.J., Perle, C.R., Anderson, S.D., Chapple, T.K., Kanive, P.E., y Block, B.A. (2012). Using stable isotope analysis to understand the migration and trophic ecology of northeastern Pacific white sharks (*Carcharodon carcharias*). *PLOS ONE*, 7:e30492
- Carlisle, A.B., Goldman, K.J., Litvin, S.Y., Madigan, D.J., Bigman, J.S., Swithenbank, A.M., Kline, T.C., y Block, B.A. (2015). Stable isotope analysis of vertebrae reveals ontogenetic changes in habitat in an endothermic pelagic shark. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282, 20141446
- Clarke, M.R. (1962). The identification of cephalopod “beaks” and the relationship between beak size and total body weight. *Bulletin of the British Museum (Natural History). Zoology*, 8, 422-80.
- Clarke, M.R. (1986). *A handbook for the identification of cephalopod beaks*. New York: Oxford University Press.
- Clothier, C.R. (1950). *A key to some southern California fishes based on vertebral characters*. State of California Department of Natural Resources. Division of Fish and Game Bureau of Marine Fisheries. Fish Bulletin No. 79.
- Crow, M.E. (1981). Some statistical techniques for analyzing the stomach contents of fish. En: Cailliet, G.M., Simenstad, C.A. (Editores), *Gut-shop’81, Fish Food Habits Studies. Proceedings of the Third Pacific Workshop*. December 6–9, Pacific Grove, CA, University of Washington. Washington Sea-Grant Publications, Seattle, pp. 8–15.
- DeNiro, M.J., Epstein, S. (1978). Influence of diet on the distribution of carbon isotopes in animals. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 42, 495-506.
- France, R.L., y Peters, R.H. (1997). Ecosystem differences in the trophic enrichment of ^{13}C in aquatic food webs. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 1255-1258.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., y Niem, V.H., editors. Roma: FAO; (1995)a. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental; vol. 2. Vertebrados-Parte 1*.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K.E., Niem, V.H., editors. Roma: FAO; (1995)b. *Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental; vol 3. Vertebrados-Parte 2*.
- Galván-Magaña, F., Polo-Silva, C., Hernández-Aguilar, S.B., Sandoval-Londoño, A., Ochoa-Díaz, M.R., Aguilar-Castro, N., Castañeda-Suárez, D., Chavez-Costa, A C., Baigorri-Santacruz, A., Torres-Rojas, Y. E., y Abitia-Cárdenas, L. A. (2013). Shark predation on cephalopods in the

- Mexican and Ecuadorian Pacific Ocean. *Deep Sea Research II*, 95, 52-62.
- Holland, K.N., Brill, R.W., y Chang, R.K.C. (1990). Horizontal and vertical movements of yellowfin and bigeye tuna associated with fish aggregating devices. *Fisheries Bulletin*, 88, 493-507.
- Hurtubia, J. (1973). Trophic diversity measurement in sympatric predatory species. *Ecology*, 54, 885-90.
- Hussey, N.E., MacNeil, M.A., McMeans, B.C., Olin, J.A., Dudley, S.F., Cliff, G., Wintner, S.P., Fennessy, S.T., y Fisk, A.T. (2014). Rescaling the trophic structure of marine food webs. *Ecology Letters*, 17, 239-250. doi:10.1111/ele.12226.
- Iverson, I.L.K., y Pinkas, L. (1971). A pictorial guide to beaks of certain Eastern Pacific cephalopods. En: Pinkas L, Oliphant MS and Iverson ILK, (Editores). Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fisheries Bulletin*, 152, 83-105.
- Jackson, A., Inger, R., Parnell, A., y Bearhop, S. (2011). Comparing isotopic niche widths among and within communities: SIBER - Stable Isotope Bayesian Ellipses in R. *Journal of Animal Ecology*, 80, 595-602.
- Jereb, P., y Roper, C.F.E. (2010). Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Myopsid and Oegopsid Squids. Rome: FAO. (FAO species catalogue for fishery purposes; No. 4, vol 2).
- Kim, S.L., y Koch P.L. (2011). Methods to collect, preserve, and prepare elasmobranch tissues for stable isotope analysis. *Environmental Biology of Fishes*, 95, 53-63. doi:10.1007/s10641-011-9860-9.
- Kim, S.L., Casper, D.R., Galván-Magaña, F., Ochoa-Díaz, R., Hernández-Aguilar, S.B., y Koch P.L. (2012). Carbon and nitrogen discrimination factors for elasmobranch soft tissues based on a long-term controlled feeding study. *Environmental Biology of Fishes*, 95, 37.52.
- Logan, J.M., y Lutcavage, M.E. (2010). Stable isotope dynamics in elasmobranch fishes. *Hydrobiologia*, 644, 231-244.
- Loor-Andrade, P., Pincay-Espinoza, P., y Rosas-Luis, R. (2017)a. Diet of the blue shark *Prionace glauca* in the Ecuadorian Pacific Ocean during the years 2013 to 2015. *Journal of Applied Ichthyology*, 33, 558-562. <https://doi.org/10.1111/jai.13329>
- Loor-Andrade, P., Pincay-Espinoza, J., Carrera-Fernández, M., Rosas-Luis, R. (2017)b. Feeding habits of billfishes (Carangaria: Istiophoriformes) in the Ecuadorian Pacific Ocean. *Neotropical Ichthyology*, 15, e160162. <http://dx.doi.org/10.1590/1982-0224-20160162>.
- MacNeil, M.A., Drouillard, K.G., y Fisk, A.T. (2006). Variable uptake and elimination of stable nitrogen isotopes between tissues in fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63, 345-353.
- Macko, S.A., Fogel, M.L., Hare, P.E., y Hoering, T.C. (1987). Isotopic fractionation of nitrogen and carbon in the synthesis of amino acids by microorganisms. *Chemical Geology*, 1, 79-92.
- Madigan, D.J., Litvin, S.Y., Popp, B.N., Carlisle, A.B., Farwell, C.J., y Block, B.A. (2012). Tissue turnover rates and isotopic trophic discrimination factors in the endothermic teleost, Pacific bluefin tuna (*Thunnus orientalis*). *PLOS ONE*, 7, e49220
- Martínez del Rio, C., Wolf, N., Cerleton, S.A., y Gannes, L.Z. (2009). Isotopic ecology ten years after a call for more laboratory experiments. *Biol Rev* 84: 91-111.
- Martínez-Ortiz, J., Aires-da-Silva, A.M., Lennert-Cody, C.E., y Maunder, M.N. (2015). The Ecuadorian

- artisanal fishery for large pelagics: species composition and spatio-temporal dynamics. *PLOS ONE*, 10, e0135136.
- Ménard, F., Lorrain, A., Poiter, M., y Marsac, F. (2007). Isotopic evidence of distinct feeding ecologies and movement patterns in two migratory predators (yellowfin tuna and swordfish) of the western Indian Ocean. *Marine Biology*, 153, 141-152.
- Montoya, J.M., Pimm, S.L., y Solé, R.V. (2006). Ecological networks and their fragility. *Nature*, 442, 259-264.
- Morales-Bojórquez, E., Pacheco-Bedoya, J.L. (2016). Jumbo squid *Dosidicus gigas*: a new fishery in Ecuador. *Reviews in Fisheries Science and Aquaculture*, 24, 98-110. <http://dx.doi.org/10.1080/23308249.2015.1102862>.
- Oksanen, J., Blanchet, F.G., Friendly, M., Kindt, R., Legendre, P., McGlenn, D., O'Hara, R.B., Simpson, G.L., Solymos, P., Henry, M., Stevens, M.H., Szoecs, E., y Wagner, H. (2010). *Vegan: community ecology package*. R package version 1.17-0. <http://CRAN.Rproject.org/package=vegan>
- Parnell, A., y Jackson, A. (2013). *siar: Stable Isotope Analysis in R*. R package version 4.2. <http://CRAN.Rproject.org/package=siar>
- Parnell, A.C., Inger, R., Bearhop, S., y Jackson, A.L. (2010). Source partitioning using stable isotopes: coping with too much variation. *PLOS ONE*, 5, e9672
- Pinkas, L., Oliphant, M.S., y Iverson, L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. State of California: Department of Fish and Game. (Fish Bulletin; 152).
- Post, D.M. (2002). Using stable isotopes to estimate trophic position: models, methods, and assumptions. *Ecology*, 83, 703-718.
- Preti, A., Soykan, C.U., Dewar, H., Wells, R.J.D., Spear, N., y Kohin, S. (2012). Comparative feeding ecology of shortfin mako, blue and thresher sharks in the California Current. *Environmental Biology of Fishes*, 95, 127-46.
- R Development Core Team. (2017). *R: a language and environment for statistical computing* [Computer software manual - Internet]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing. <https://www.r-project.org/>.
- Richert, J.E., Galván-Magaña, F., y Klimley, A.P. (2015). Interpreting nitrogen stable isotopes in the study of migratory fishes in marine ecosystems. *Marine Biology*, 162, 1099-1110
- Rosas-Luis, R., y Chompoy-Salazar, L. (2016). Description of food sources used by jumbo squid *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) in Ecuadorian waters during 2014. *Fisheries Research*, 173, 139-144.
- Rosas-Luis, R., Loor-Andrade, P., Ávila-Tumbaco, A., y Pincay-Espinoza, J. (2015). Manual para la identificación de peces óseos marino-costeros del Pacífico ecuatoriano basado en esqueletos axiales. Editorial MAR ABIERTO, Manabí, Ecuador.
- Rosas-Luis, R., Loor-Andrade, P., Carrera-Fernández, M., Pincay-Espinoza, J., Vences-Ortega, C., y Chompoy-Salazar, L. (2016)a. Cephalopod species in the diet of large pelagic fish (sharks and billfishes) in Ecuadorian waters. *Fisheries Research*, 173, 159-168. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.07.002>
- Rosas-Luis, R., Pincay-Espinoza, J.E., Loor-Andrade, P., y Carrera-Fernández, M. (2016)b. Trophic Ecology of the Shortfin Mako *Isurus oxyrinchus* (Lamniformes: Lamnidae) in the Eastern

Pacific Ocean. En: Kovács A, Nagy P (Editores). *Advances in Marine Biology*. Nova Science Publishers. V1. 150 pp.

- Rosas-Luis, R., Navarro, J., Llor-Andrade, P., y Forero, M.G. (2017); Feeding ecology and trophic relationships of pelagic sharks and billfishes coexisting in the central eastern Pacific Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 573, 191-201. <https://doi.org/10.3354/meps12186>.
- Schaefer, K.M., Fuller, D.W., y Block, B.A. (2009). Vertical movements and habitat utilization of skipjack (*Katsuwonus pelamis*), yellowfin (*Thunnus albacares*), and bigeye (*Thunnus obesus*) tunas in the Equatorial Eastern Pacific Ocean, ascertained through archival tag data. En: Nielsen JL, Arrizabalaga H, Fragoso N, Hobday A, Lutcavage M, Sibert J, (Editores). *Tagging and tracking of marine animals with electronic devices. Reviews: methods and technologies in fish biology and fisheries*. Vol. 9. New York (NY): Springer; p.121-144
- Wada, E., Mizutani, H., y Minagawa, M. (1991). The use of stable isotopes for food web analysis. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 30, 361-371.
- Walsh, W.A., y Brodziak, J. (2015). Billfish CPUE standardization in the Hawaii longline fishery: model selection and multimodel inference. *Fisheries Research*, 166, 151-162
- Wolf, G.A. (1984). Identification and estimation of size from the beaks of 18 species of cephalopods from the Pacific Ocean. NOAA Technical Report NMFS 17. Springfield: U.S. Department of commerce.

La trucha arco iris y el estado de salud ecológica de los embalses altoandinos

Esteban Terneus Jácome¹, Ana Falconí López²

¹ Maestría en Biodiversidad y Cambio Climático, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador. hterneus@indoamerica.edu.ec

² Centro de Investigación de la Biodiversidad y Cambio Climático (BioCamb), Ingeniería en Biodiversidad y Recursos Genéticos, Facultad de Ciencias de Medio Ambiente, Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador. afalconi@uti.edu.ec

Resumen

La trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*), al igual que *Salmo trutta* son especies introducidas, originarias de Norte América y Euro Asia, respectivamente; por consiguiente, podrían ser una amenaza para las especies nativas del Ecuador. Por su éxito, al establecerse en la zona altoandina, es posible también que la trucha esté ocupado un nicho vacío en varias cuencas del país. Hasta la presente, no se ha podido probar con evidencia científica robusta, que la trucha haya sido la causante de la extinción de alguna especie asociada a los cuerpos de agua en esta región. Lo que se intenta probar con este estudio, es la gran capacidad de la trucha para ser utilizada como bioindicador de la calidad ambiental, para entender el estado de salud de los cuerpos de agua; a través del análisis de sus preferencias alimentarias y del estado de la densidad de sus poblaciones. Este estudio analiza algunas metodologías aplicadas, para medir el estado de salud de tres ecosistemas de altura, los mismos que han sido intervenidos como fuentes de extracción y aprovisionamiento de agua potable para la ciudad de Quito y sus alrededores; se plantea un conjunto de recomendaciones para el adecuado manejo y recuperación de los cuerpos de agua y se deja en claro la necesidad de continuar monitoreando los embalses. Se sugiere incorporar también un plan de monitoreo, con otros componentes de las redes tróficas, para entender mejor el complejo funcionamiento de las lagunas de altura en el Ecuador, por lo tanto asegurar la calidad del recurso hídrico en uno de los más importantes ecosistemas de la región Andina, el Páramo.



Contenidos

1. Introducción	146
1.1 Generalidades.....	147
2. Características de los embalses y métodos de campo	147
2.1. Métodos de laboratorio	150
2.2 Análisis de información	150
2.3 Estimación de la densidad poblacional y biomasa	151
2.4 Índice de importancia relativa.....	152
3. Resultados obtenidos	152
3.1 Salud Ecológica	152
3.2 Calidad organoléptica de las truchas capturadas	154
3.3 Estado de llenado del contenido estomacal	155
3.4 Preferencias alimentarias de la trucha	156
Estimación de la densidad poblacional con la técnica del sonar	159
4. Consideraciones finales.....	160
Agradecimientos	162
Bibliografía	163

1. Introducción

La biología trófica es una rama de las ciencias biológicas que estudia los aspectos biológicos y fisiológicos de las especies con su hábitat; régimen alimentario, tipo de dieta y relaciones bióticas como depredación y competencia (Blanchet *et al.*, 2008).

En el caso de los peces, estos estudios ayudan a comprender la dinámica de las relaciones ecológicas que existen entre especies; además proporcionan información de base, que permite determinar el estado de salud ecológica de los cuerpos de agua, utilizando a los peces como vectores portadores de información trófica. Los estudios que determinan la biología trófica de las especies y el conocimiento de los hábitos alimenticios, aportan la información necesaria para entender el papel biológico y ecológico que desempeñan los organismos; ya que el alimento constituye uno de los factores más importantes que regulan los patrones de crecimiento y reproducción de los peces, así como su ciclo de vida. Proceso que se da a expensas de la energía que el organismo consume (Jaramillo, 2009).

Asímismo, el conocimiento de los hábitos alimenticios de los peces, permite evaluar el estatus que tiene dicho organismo en la comunidad, su nivel trófico, relaciones interespecíficas y proporcionan una idea del entorno donde vive (Jaramillo, 2009). El estudio de la dieta basado en el análisis del contenido estomacal es una práctica común en ecología de peces, entregando información sobre el carácter consumidor y el comportamiento alimentario de la misma (Montes de Oca *et al.*, 2016).

Trabajos sobre la biología de *O. mykiss* muestran que la dieta está compuesta, en mayor proporción, por macroinvertebrados de los grupos: Trichoptera, Plecoptera y Chironomidae (Vimos *et al.*, 2015). Sin embargo, esta dieta puede variar según la oferta alimenticia del ambiente donde se desarrolla, pudiendo llegar a consumir inclusive algas filamentosas y algunos grupos de cianófitas unicelulares, cladóceros, rotíferos y copépodos (Mouillet *et al.*, 2018).

También existe evidencia del consumo de algunos vertebrados, como los peces de la familia Astroblepidae llamados localmente preñadillas, e incluso anfibios (Torrijos *et al.*, 2016), condición que ha llevado a la trucha a caracterizarla como una especie de hábitos generalistas (Oscoz *et al.*, 2000; Palma *et al.*, 2002; Terneus y Buñay, 2013).

El crecimiento demográfico de las grandes ciudades ha provocado una alta demanda de agua, a consecuencia de ello, en los últimos años el nivel de intervención al que se encuentran sometidos los cuerpos de agua ubicados en los páramos del Ecuador se ha incrementado. Este escenario llama imperiosamente a estudiar los componentes bióticos y abióticos, para conocer el funcionamiento natural de estos sistemas y como una forma de entender los elementos para mitigar las futuras alteraciones de estos ecosistemas.

Este trabajo pretende medir el estado de salud ecológica de los embalses de Sucus, Mogotes y Salve Faccha, utilizando la estimación de la densidad poblacional de truchas que los habitan y un análisis de su dinámica trófica, como parte de la cadena alimenticia, así como una medida de vigilancia de la calidad del agua y de los procesos de eutrofización de estos embalses.

A pesar de que la trucha es una especie introducida e implica un riesgo potencial para la permanencia de especies nativas, no existe evidencia científica robusta que pruebe que la trucha sea la causante de la extinción de especies bioacuáticas nativas. Los resultados obtenidos en este trabajo nos permite pensar que la trucha podría ser un importante agente de control biológico y regulación de poblaciones bioacuáticas, sobre todo en ambientes disturbados por el hombre. El erradicarla de los medios acuáticos naturales, como proponen algunos autores (Torrijos *et al.*, 2016), actualmente podría traer efectos adversos sobre la ecología de las especies bioacuáticas, lo cual sí pondría en riesgo la permanencias de muchas especies.

1.1. Generalidades

La trucha posee un cuerpo robusto y comprimido, su altura es el 20-23% de la longitud estándar. Tiene un hocico redondeado con una boca terminal pequeña, línea lateral incompleta y mide generalmente entre 15 y 35 cm, aunque pueden existir ejemplares de mayor tamaño, pero estos habitan en ambientes particulares y en zonas profundas; posee, a los lados del cuerpo, una banda longitudinal rojiza; dorso del cuerpo café jaspeado y sus tonalidades pueden variar, inclusive de acuerdo a la época estacional y reproductiva (Keeley *et al.*, 2005); los adultos se caracterizan por presentar un color gris verdoso; sus costados son de color plateado y su abdomen es de color blanco. La trucha posee una primera aleta dorsal, formada por radios, y una segunda dorsal formada por un repliegue epidérmico (sin radios) y que es común en todos los peces pertenecientes a la familia de los salmónidos (Jaramillo, 2009).

A partir de 1932, las aguas de muchos de los ríos, fuentes superficiales y lagos de los Andes ecuatorianos fueron repoblados con especies exóticas de salmónidos, tales como la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), trucha parda (*Salmo trutta*), entre otras (Crespo, 2015). A inicios de los años 90, a través de la introducción de ovas embrionadas, se inició el fomento de la piscicultura de truchas en el Ecuador, principalmente en las provincias de Imbabura, Cotopaxi y Azuay (Imaki, 2003). En 1996 se inaugura el Centro de Investigaciones Piscícolas, CENIAC, con una donación del gobierno del Japón y a partir de entonces, este programa ha sido un importante soporte para impulsar proyectos piscícolas comunitarios de este tipo (Imaki, 2003).

La trucha Arco Iris está presente en los tres embalses, objeto de este estudio, donde ocasionalmente son aprovechadas por pescadores de las comunidades cercanas. Su establecimiento en aguas tropicales de altura ha sido exitoso, razón por la cual se la considera como una especie invasiva y peligrosa para las especies nativas de estos ambientes naturales (Mouillet *et al.*, 2018), aunque hasta la presente fecha, no se ha logrado

probar con certeza su efecto depredador como causante de extinciones locales.

2. Características de los embalses y métodos de campo

Los individuos de *O. mykiss* fueron obtenidos de los embalses de Sucus, Mogotes y Salve Faccha (Figura 1), y han sido monitoreados desde el año 1999. Los embalses se encuentran ubicados en las parroquias de Oyacachi y Papallacta, dentro del Parque Nacional Cayambe Coca, en la provincia de Napo. Se encuentran a una altitud aproximada de 3900 msnm, con temperatura ambiental entre 0 a 12°C. En la actualidad la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), recauda agua de la subcuenca para abastecer de agua potable a aproximadamente el 38% de la población quiteña (Tufiño *et al.*, 2011).

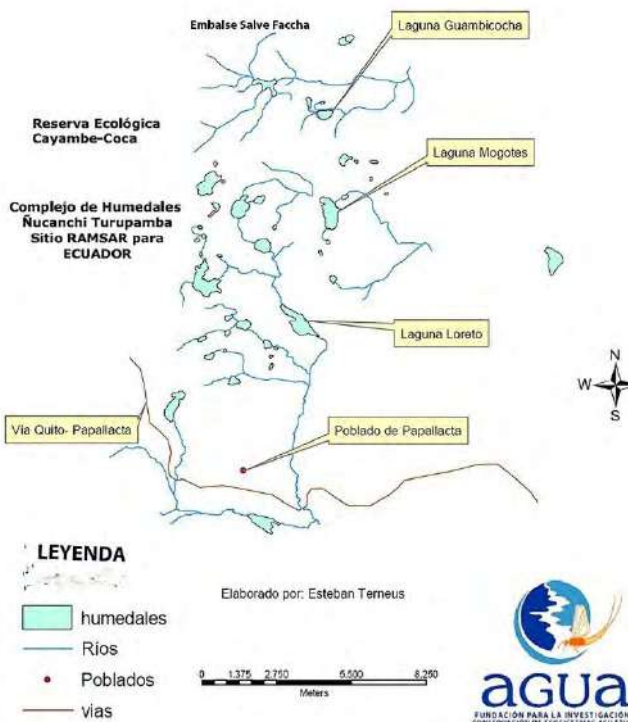


Figura 1. Ubicación de las principales represas del sistema Papallacta

Fuente: Fundación AGUA 2007

Desde los años 2010 a 2015, el área de influencia de las lagunas y sus principales tributarios han estado sometidos a presiones intensas,

principalmente por la presencia de ganadería en el sector (Terneus *et al.*, 2016); esta situación, a pesar de que en la actualidad ha disminuido considerablemente, aún deja huellas y restos fecales que evidencian la presencia de ganado en los alrededores de Salve Faccha, lo cual aumenta la concentración de nutrientes en el agua, con el consecuente aumento de materia orgánica y procesos de descomposición de la misma, generando ambientes de mesotrofia, en este embalse en particular.

Las actividades desarrolladas en el estudio, a través del método de captura y recaptura utilizando cañas de pescar, permitieron determinar la frecuencia de captura y biomasa de las truchas. La captura permite el marcaje con aretes numerados colocados en el opérculo, desde una embarcación que circunvala el embalse. Esta información permite estimar su densidad poblacional, conocer su desarrollo y crecimiento, así como los sitios de mayor frecuencia de captura (Figura 2).



Figura 2.- Captura de truchas con caña de pescar y marcaje de individuos con arete bajo el método al curricán, por unidad de tiempo y desde una embarcación

Es importante desarrollar al menos dos jornadas de captura, con la finalidad de considerar factores de variabilidad climatológica y/o biológica que podrían incidir en los patrones de comportamiento en las truchas y en los diferentes embalses; por ejemplo, considerar las épocas de mayor variabilidad hidrológica o de patrones de movilidad por freza o reproducción.

Las truchas capturadas fueron medidas y pesadas, para luego realizarles el análisis de diferenciación sexual, así como la evaluación de la calidad organoléptica y de textura de la carne (Figura 3); ésta última, una condición muy importante para evaluar el estado de salud de la trucha y en consecuencia, del lugar donde viven (Olaya *et al.*, 2008).



Figura 3.- Medición de especímenes capturados y evaluación organoléptica de la calidad de la carne

La extracción del estómago, de los individuos capturados, debe ser preservado en una solución de alcohol al 70% en envases plásticos rotulados (Figura 4).



Figura 4.- Extracción y preservación de estómagos de las truchas capturadas para su posterior análisis en laboratorio

Es muy útil realizar un proceso de rastreo de las truchas, ya que pueden estar presentes en distintos micro hábitats que encierran los embalses, por ejemplo las zonas litorales con y sin influencia de tributarios o en zonas profundas. Esto se realiza con la ayuda de un “sonar deportivo”, con el que se hace un barrido de los diferentes microhábitats para levantar un registro total de las truchas presentes en cada embalse. El sonar está provisto de un sensor receptor de longitudes de onda, el cual envía la señal a un transductor de registro, que despliega en una pantalla digital el número de peces registrados en el tramo muestreado y la profundidad a la que se encuentran (Figura 5).



Figura 5.- Barrido de embalses con el uso de un sonar de pesca deportivo para estimar el número de truchas presentes en cada laguna

Por último, se ha buscado conocer la dieta de la trucha, para lo cual se mide la capacidad de ingesta del estómago, como base para el cálculo del índice de importancia relativa de sus presas, con lo que se conoce la preferencia y la oferta alimenticia en el medio acuático.

2.1. Métodos de laboratorio

En la fase de laboratorio se determina el peso y el contenido de los estómagos, procedentes de la muestra de las truchas capturadas en las distintas zonas de captura y embalse (Figura 6).



Figura 6.- Pesaje de los estómagos de trucha y extracción de contenido estomacal

El contenido estomacal de las truchas se observa con la ayuda de un estereoscopio o microscopio, para identificar la ingesta de las principales especies de fito y zooplancton ingeridos (Figura 7).

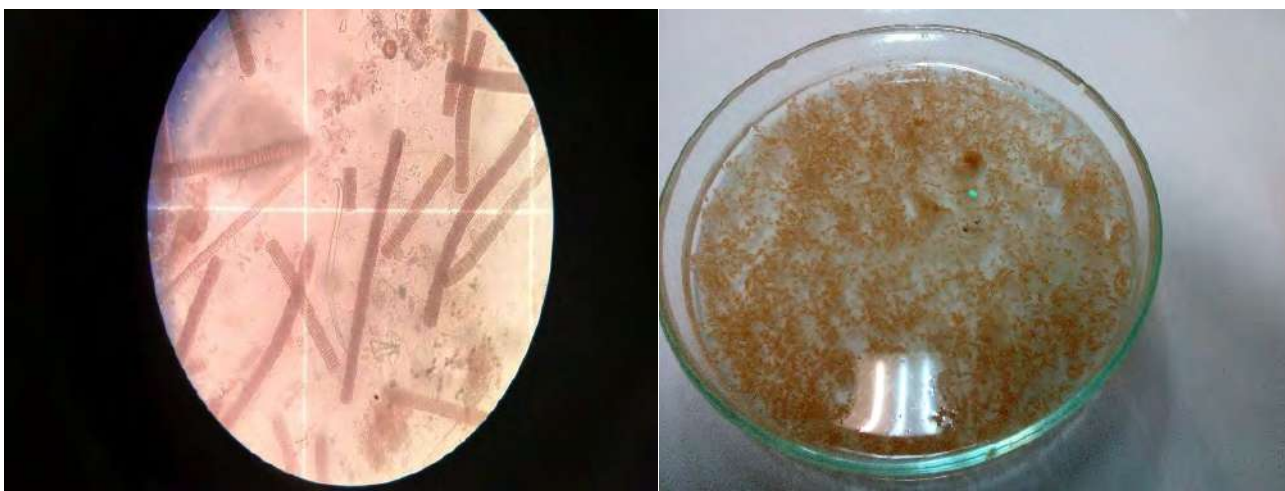


Figura 7. Observación de los principales grupos de fito y zooplancton identificados en las truchas capturadas en los embalses de muestreo.

2.2. Análisis de información

El método de captura y recaptura, desarrollado para estimar el número de individuos en poblaciones de animales con movilidad (según proporciones y probabilidades), debe ser empleado durante varias campañas y así obtener un número representativo de individuos marcados, hasta que alguno de esos animales sea recapturado. Para estimar el número total de peces en las lagunas se capturaron un número m_1 de individuos, esos individuos son marcados, para inmediatamente ser liberados al sistema natural (Figura 8).



Figura 8.- Marcaje y liberación de truchas al medio natural para aplicar el método de captura y recaptura

Luego, en las subsiguientes campañas, hay que realizar el mismo procedimiento de captura, en este caso capturando t_i individuos. Dentro de éstos, se esperaría potencialmente capturar un número r_i de individuos, que habrían sido

marcados previamente, si esto no sucede, habrá que seguir marcando peces durante varias campañas, hasta que la recaptura ocurra. Para establecer el cálculo del número de peces en toda la laguna, es necesario aplicar la siguiente formula:

N = número de peces en la laguna
 m_i = número de peces marcados en el lago
 t_i = número de peces capturados
 r_i = número de peces recapturados
 A = área de muestreo

$$N = \frac{\sum t_i \times m_i}{\sum r_i} \times A$$

2.3. Estimación de la densidad poblacional y biomasa

Una de las opciones, aplicadas para estimar la densidad poblacional de truchas, en los embalses muestreados ha sido confrontar la información obtenida en todas las campañas anuales, frente a los registros históricos obtenidos en las lagunas del sector (Mogotes, Loreto y San Cristóbal),

bajo la misma metodología (Terneus y Buñay, 2013). Luego se genera una escala de valoración cualitativa, estructurada en base a rangos de abundancia, de los valores promedio de las capturas máximas, medias y mínimas obtenidas desde 1999, hasta la campaña final (Tabla 1). El referencial para el cálculo de la densidad poblacional de truchas corresponde a seis horas de esfuerzo de captura en cada jornada de campo.

Tabla 1:

Rangos de densidad poblacional de las truchas capturadas en seis horas de esfuerzo diarias

Densidad poblacional	Rango de truchas capturadas
Alta	51 en adelante
Media	19 – 50
Baja	18 o menos

(Fuente: Terneus y Buñay, 2013)

Para el cálculo de biomasa, se procedió a pesar cada trucha capturada por zona, al final se obtuvo un peso promedio del conjunto de individuos capturados en cada embalse. Adicionalmente, se obtuvo el grado de llenado de los estómagos y se calculó el índice de importancia relativa, con la finalidad de establecer la relación de la ingesta con el tipo de presa y su preferencia alimenticia, según la siguiente tabla:

Estado de llenado del contenido estomacal (Navarro, 2011)

Estado	% Llenado
Vacío	0
1	1 a 25
2	26 a 50
3	51 a 75
4	76 a 100

Relación de llenado del estómago Vs. la condición de saturación

Esto permite analizar la oferta alimentaria del ecosistema, mientras más alto el valor, la oferta alimenticia será mejor.

2.4 Índice de importancia relativa

Este índice se utiliza para determinar la importancia de cada tipo de presa, frente a los hábitos alimenticios de la especie (Hyslop, 1980).

Se lo aplica a través de la siguiente fórmula:

$$\%IIR=(\%N+\%P)*\%FA$$

% N= Relaciona el número de individuos de la presa *i* entre el número total de presas de todos los estómagos con alimento.

% P= Relaciona el peso de todos los individuos de presa *i* con respecto al peso total de todas las presas en los estómagos con contenido alimentario.

% FA= Relaciona el número de estómagos que presentaron la presa *i* con el número de estómagos encontrados con contenido estomacal.

3. Resultados obtenidos

3.1 Salud Ecológica

En el 2017, en Mogotes se capturaron 21 truchas, de las cuales se marcaron con arete opercular 14 individuos. La longitud promedio fue de 30,4 cm con un peso promedio en biomasa de 304 g, lo que demuestra, según los registros históricos, que las truchas se encuentran saludables, representado por una densidad poblacional media (Tabla 1); es decir, que el estado ecológico del embalse es saludable desde la perspectiva de oferta alimenticia. En referencia a la diferenciación sexual, se registraron tres machos y 18 hembras, lo que arroja un promedio de seis hembras por cada macho (Tabla 2), corroborando también un equilibrio poblacional saludable en términos reproductivos y manifestación genética, al existir mayor cantidad de hembras (Salamanca, 2020).

En cuanto al índice de Importancia Relativa (IIR) las presas de mayor oferta alimenticia fueron los cladóceros, anfípodos e insectos acuáticos, evidenciando también una estructura completa en la red trófica en todos sus componentes.

En el embalse de Sucus se capturaron cinco truchas con una longitud promedio de 28,8 cm y 271 g de peso en biomasa, lo que evidencia un buen estado de salud de las truchas, representando a una densidad poblacional baja.

Una vez analizados los contenidos estomacales y la calidad organoléptica de la carne de las truchas capturadas, el índice de Importancia Relativa (IIR), muestra que las presas de mayor oferta alimenticia fueron los insectos, cladóceros y anfípodos, evidenciando una gama bastante amplia de oferta alimenticia, lo que apoya a que se trata de un estado de salud ecológica bueno en este embalse.

Tabla 2:

Registro de truchas capturadas y marcaje de individuos para recaptura, en los tres embalses de muestreo

MOGOTES					
Zona	Tamaño (cm)	Sexo	Hora de captura	Biomasa (g)	Cod. Marca
6	32	Macho	11:28	320	
5	36	Macho	12:26	360	
5	23	Hembra	13:15	230	2
5	24	Hembra	13:34	240	3
5	32	Macho	13:39	320	
5	33	Hembra	13:42	330	4
5	32	Hembra	13:53	320	5
5	22	Hembra	13:55	220	
5	36	Hembra	14:02	360	6
5	33	Hembra	14:12	330	7
5	37	Hembra	14:19	370	8
5	32	Hembra	14:20	320	
5	34	Hembra	14:27	340	9
5	36	Hembra	15:00	360	
5	26	Hembra	15:18	260	10
5	22	Hembra	15:22	220	12
5	26	Hembra	15:23	260	13
5	25	Hembra	15:25	250	11
5	37	Hembra	15:30	370	
5	35	Hembra	15:31	350	14
5	26	Hembra	15:51	260	15
Promedio	30,4			304,2	
SUCUS					
1	35	Hembra	10:34	350	16
1	27	Hembra	8:00	270	17
1	24	Hembra	10:17	240	
1	24	Hembra	14:30	240	18
1	26	Hembra	16:20	260	19
Promedio	28,8			271	
SALVE FACCHA					
5	29	Hembra	10:34	290	20
1	27	Hembra	7:00	270	21
1	25	Hembra	7:30	250	
1	23	Hembra	7:00	230	22
1	21	Macho	7:15	210	
1	20	Macho	7:18	200	23
1	19	Macho	7:40	190	
1	17	Macho	7:50	170	24

1	22	Macho	8:10	220	25
Promedio	22,5			225,5	

El promedio de las tallas de captura en Sucus y el peso promedio registrado en biomasa, al igual que en el caso del embalse de Mogotes, refleja un buen estado de salud de las truchas capturadas, lo cual se relaciona directamente con la oferta alimenticia del embalse. En este caso se capturaron solo hembras, lo que también es positivo para la estructura de la población de truchas. La zona uno, ubicada en las proximidades de la represa mostró mayor concentración de peces debido, seguramente, a la mayor oferta alimenticia en ese lugar, ya que su zona litoral posee una rica cobertura boscosa en sus orillas (Tabla 2).

Se capturaron nueve truchas en el embalse Salve Faccha, con una longitud promedio de 25,5 cm y 225 g de peso en biomasa, lo que

demuestra que existen limitaciones en la oferta alimenticia disponible, por lo que no alcanzan el peso promedio ideal para su tamaño (255 g para individuos de 25 cm), evidenciado además una limitada carga nutritiva en el alimento ingerido (Tabla 2).

3.2. Calidad organoléptica de las truchas capturadas

La calidad organoléptica de la carne de las truchas de Mogotes evidencia una buena textura, sabor y coloración; condición que está dada por la buena oferta alimenticia del embalse, la cual proporciona contenidos adecuados de compuestos carotenoides en la ingesta, en su mayoría aportados por anfípodos y copépodos (Figura 11).



Figura 11.- izquierda: Coloración salmonada de la carne de la trucha de Mogotes proporcionada por la ingesta rica en compuestos carotenoides presentes en la oferta alimenticia. Derecha: La trucha de Salve Faccha no tiene la misma oferta alimenticia, reflejada en la coloración blanca de su carne..

La calidad organoléptica, de la carne, de las truchas capturadas en Salve Faccha, confirma las deficiencias nutritivas en la oferta alimenticia, manifestadas en la configuración anatómica de las truchas (cabezas grandes) y en la coloración de su carne (carne blanca y con sabor desagradable)

(Figura 11). Por otro lado, la calidad organoléptica de la carne de la trucha en Sucus es similar a la trucha de Mogotes, lo que evidencia una buena oferta alimenticia y por consiguiente la calidad de la trucha es muy buena.

3.3. Estado de llenado del contenido estomacal

El contenido estomacal de las truchas de Sucus y Mogotes, muestra una oferta alimenticia abundante, en su gran mayoría se ubica en los rangos 3 y 4, a diferencia de las truchas de Salve Faccha, que se ubican en los rangos 1 y 2 (Tabla 3).

Tabla 3:

Estado de llenado del contenido estomacal, en relación a la escala de evaluación

Muestra	MOGOTES		Estado de llenado
	Zona	% Llenado	
Estómago 1	4	100	4
Estómago 2	4	75	4
Estómago 3	4	60	3
Estómago 4	4	50	2
Estómago 5	5	100	4
Estómago 6	5	100	4
Estómago 7	5	75	4
Estómago 8	5	100	4
Estómago 9	6	100	4
Estómago 10	6	65	3
Estómago 11	6	75	4
Estómago 12	6	100	4
SUCUS			
Estomago 1	1	70	3
Estomago 2	1	75	3
Estomago 3	1	75	3
Estomago 4	1	35	2
Estomago 5	1	50	3
SALVE FACCHA			
Estómago 1	4	50	2
Estómago 2	1	25	1
Estómago 3	3	25	1
Estómago 4	1	50	2

El 75% de los estómagos de las truchas de Mogotes mostraron un estado de llenado nivel 4 (75 - 100%), lo que evidencia una gran disponibilidad de oferta alimenticia en el sistema. Es evidente, que en la zona cinco se registró el mayor porcentaje del contenido estomacal de las truchas muestreadas (Tabla 3). Esta zona guarda la mayor concentración de truchas, posiblemente debido a que ese sector es de agua baja y próxima a uno de los afluentes del embalse, que obviamente aporta nutrientes al lugar.

La mayoría de los estómagos analizados en Sucus, mostraron más del 50% de llenado, encasillándolos en un estado de llenado nivel tres, a excepción de uno que mostró un estado de llenado nivel dos, lo que equivale al 35% de su capacidad total. Esta condición refleja, que en general, existe una buena oferta alimenticia en el embalse (Tabla 3).

El porcentaje de llenado, en las truchas capturadas, no sobrepasa el 50% de su capacidad;

al menos en la mitad de los especímenes de Salve Faccha, lo cual lo ubica en los niveles 1 y 2, del estado de llenado estomacal. Esto aporta a la idea de que existen limitaciones en la disponibilidad de la oferta alimenticia, poniendo en evidencia deficiencias nutritivas en la ingesta disponible en el embalse (Tabla 3).

3.4. Preferencias alimentarias de la trucha

La alimentación de *O. mykiss* estuvo compuesta por elementos de origen animal y vegetal. El

componente animal lo conforman principalmente Insectos, Cladóceros y Anfípodos, mientras que el componente vegetal está conformado por algas de los géneros *Chroococcus* sp. y *Gomphosphaeria* sp., como las de mayor registro en la alimentación. El índice de importancia relativa (IIR) indica que *O. mykiss*, en el embalse de Mogotes, tiende a consumir mayores cantidades de presas de origen animal (insectos y anfípodos) (> 60%), seguido del grupo vegetal, donde las algas unicelulares y filamentosas son las más consumidas (Tabla 4).

Tabla 4:

Índice de Importancia Relativa de las preferencias alimenticias de *Oncorhynchus mykiss*. % N = Porcentaje de número de presas, % P = Porcentaje de peso, % FA = Porcentaje de frecuencia de aparición y % IIR = Índice de Importancia Relativa, obtenido de las truchas muestreadas en los embalses de Mogotes, Sucus y Salve Faccha

ZONA 4		Frecuencia		MOGOTES			
Tipo de presa	Aparición	N %	P %	FA %	IIR	IIR %	
Algas	8	40	13,33	66,67	3555,56	41,47	
Cladóceros	5	10	13,33	41,67	972,22	11,34	
Anfípodos	6	15	13,33	50,00	1416,67	16,52	
Insectos	7	30	13,33	58,33	2527,78	29,48	
Gasterópodos	2	5	13,33	16,67	305,56	3,56	
ZONA 6							
Algas	6	20	24,71	20,00	894,12	21,81	
Cladóceros	3	10	24,71	10,00	347,06	8,46	
Anfípodos	5	10	24,71	16,67	578,43	14,11	
Insectos	8	60	24,71	26,67	2258,82	55,09	
ZONA 5							
Algas	6	20	20,67	20,69	841,38	20,52	
Cladóceros	7	25	20,67	24,14	1102,30	26,89	
Anfípodos	7	25	20,67	24,14	1102,30	26,89	
Insectos	6	20	20,67	20,69	841,38	20,52	
Gasterópodos	2	10	20,67	6,90	211,49	5,16	
ZONA 1		Frecuencia		SUCUS			
Tipo de presa	Aparición	N %	P %	FA %	IIR	IIR %	
Algas	10	1,50	16,11	22,22	391,36	12,44	
Restos Vegetales	8	0,83	21,72	17,78	401,00	12,75	
Restos Minerales	1	0,00	97,48	2,22	216,62	6,89	
Insectos	8	5,00	20,32	17,78	450,05	14,30	
Cladóceros	10	7,50	16,11	22,22	524,69	16,68	
Anfípodos	8	0,17	20,32	17,78	364,12	11,57	
ESTOMAGO 2							
Algas	10	1,67	20,83	22,22	500,00	15,89	
Restos Vegetales	8	1,67	28,09	17,78	529,01	16,81	
Restos Minerales	1	0,00	126,05	2,22	280,11	8,90	
Insectos	8	5,83	26,27	17,78	570,72	18,14	

Cladóceros	10	3,00	20,83	22,22	529,63	16,83
Anfípodos	8	4,00	26,27	17,78	538,13	17,10
<hr/>						
ZONAS 1, 3, 4	Frecuencia	SALVE FACCHA				
ESTÓMAGO 1	Aparición	N %	P %	FA %	IIR	IIR %
Algas	8	40	18,33	66,67	3888,89	45,36
Cladóceros	3	15	18,33	25,00	833,33	9,72
Anfípodos	2	10	18,33	16,67	472,22	5,51
Insectos	2	5	18,33	16,67	388,89	4,54
Gasterópodos	7	30	18,33	58,33	2819,44	32,88
ESTOMAGO 2						
Restos vegetales	5	20	28,11	16,67	801,87	19,56
Algas	10	40	28,11	33,33	2270,41	55,38
Cladóceros	3	10	28,11	10,00	381,12	9,30
Anfípodos	1	5	28,11	3,33	110,37	2,69
Insectos	1	5	28,11	3,33	110,37	2,69
Gasterópodos	3	20	28,11	10,00	481,12	11,73
ESTOMAGO 3						
Restos vegetales	5	20	19,38	17,24	678,88	16,56
Algas	7	20	19,38	24,14	950,43	23,18
Cladóceros	7	15	19,38	24,14	829,74	20,24
Anfípodos	7	20	19,38	24,14	950,43	23,18
Insectos	5	15	19,38	17,24	592,67	14,46
Gasterópodos	1	10	19,38	3,45	101,29	2,47
ESTOMAGO 4						
Restos vegetales	5	20	22,50	16,67	708,33	17,28
Algas	8	40	22,50	26,67	1666,67	40,65
Cladóceros	4	10	22,50	13,33	433,33	10,57
Anfípodos	4	10	22,50	13,33	433,33	10,57
Insectos	4	10	22,50	13,33	433,33	10,57
Gasterópodos	4	10	22,50	13,33	433,33	10,57

La preferencia alimenticia, en las truchas de Mogotes, está dada por el fitoplancton, donde dominan los géneros *Chroococcus* sp. y *Gomphosphaeria* sp., con alrededor del 40% de las especies consumidas. De acuerdo a la información levantada, la zona cinco muestra la mayor disponibilidad de esta fuente alimenticia.

Por otro lado, el zooplancton en Mogotes, corresponden al orden Cladóceras, dominando los géneros *Daphnia* y *Bosmina* con al menos dos especies (Figura 12).

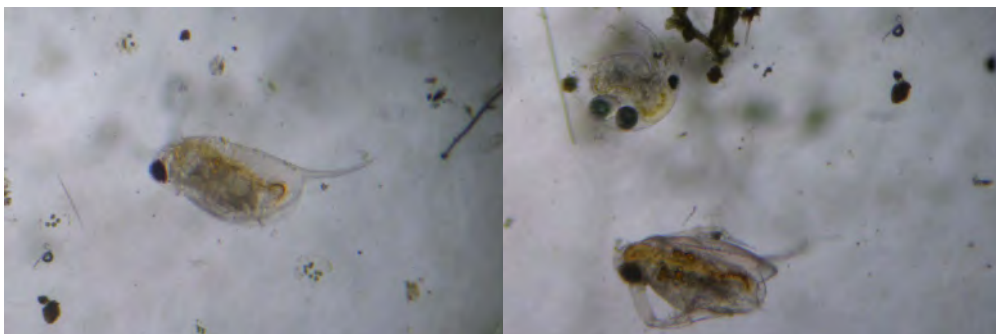


Figura 12.- Individuos de *Daphnia pulex* y *Bosmina* sp. como los grupos dominantes de cladóceros

La alimentación de *O. mykiss* en Sucus estuvo compuesta por elementos de origen animal, vegetal y casi nula en presencia de restos minerales. El componente animal lo conforman principalmente cladóceros, insectos y anfípodos. Se observa que también existió un consumo del componente vegetal, en especial de algas filamentosas.

El Índice de Importancia Relativa (IIR), indica que en la laguna de Sucus no tiene preferencias alimenticias particulares, al consumir cantidades similares de restos vegetales, algas, insectos y cladóceros junto a anfípodos (Tabla 4). Esto reafirma la evidencia que la laguna tiene una oferta alimenticia variada y por lo tanto equilibrada. Con respecto al componente fitoplanctónico,

O. mykiss presenta un mayor consumo de los géneros *Actinotaenium* y *Microcystis*, *Navicula* y *Hamaetococcus*. El género *Actinotaenium* es un alga del grupo de las desmideaceas, cuyos patrones de crecimiento se asocian a aguas oligotróficas con altas tolerancias a aguas ácidas. Por consiguiente, su dominancia en esta laguna, permite corroborar el buen estado de salud del cuerpo de agua (Bellinger y Sigeo, 2010).

Se observa la dominancia de Cladóceros con una representatividad equivalente al 65,8 % de la oferta alimenticia zooplanctónica; seguido por los Copépodos, con el 26,4% y los Rotíferos en menor proporción con el 7,8% de la representatividad de la oferta alimenticia (Figura 13).

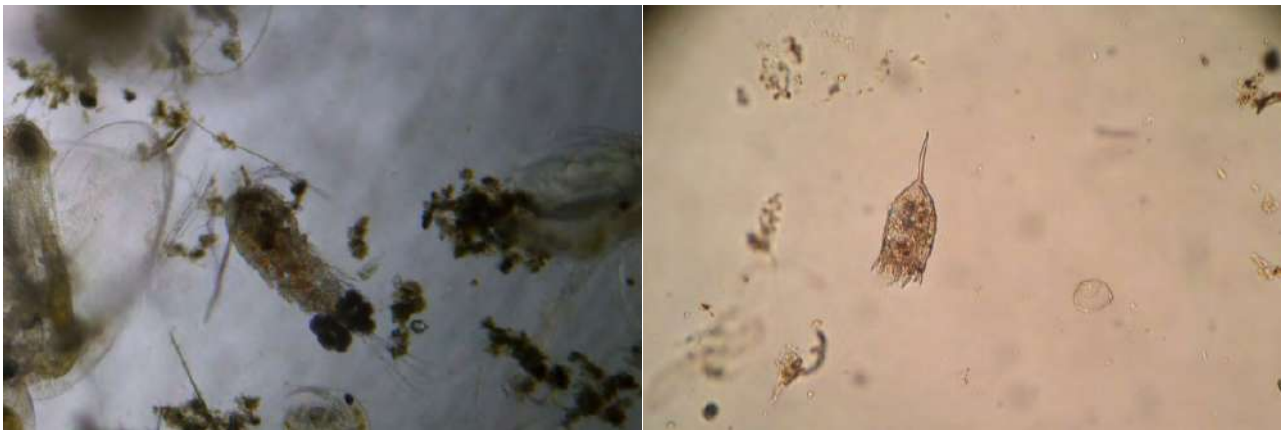


Figura 13.- Imágenes de copépodos y rotíferos como representantes del zooplancton pelágico en Sucus

El registro, de los tres grupos zooplanctónicos mencionados, es un indicador de una adecuada estructura trófica (Castro *et al.*, 2014). Esta presencia no se evidenció en los otros dos embalses.

La alimentación de *O. mykiss*, en Salve Faccha, estuvo compuesta por elementos de origen animal y vegetal. El componente animal lo conforman principalmente Gasterópodos, Cladóceros e insectos, mientras que el vegetal estuvo dominado por restos vegetales, algas y estructuras leñosas. El índice de importancia relativa indica que tiende a consumir mayores cantidades de restos vegetales (> 50% de la ingesta total), algas y ramas; seguido del grupo animal, donde

los Gasterópodos, Cladóceros y Anfípodos estuvieron presentes (Tabla 4).

Con respecto al componente fitoplanctónico, se registra un mayor consumo del género *Chroococcus*, seguida de *Gomphospaeria*, que son algas mucilaginosas de crecimiento gregario y colonial, que suelen colonizar medios enriquecidos por materia orgánica y además, se asocian a otras algas filamentosas o se adhieren a otro tipo de sustratos (Bellinger y Sigeo, 2010). La representatividad de los grupos fitoplanctónicos es extremadamente alta en riqueza y abundancia, en relación al zooplancton. El fitoplancton estuvo dominado por los géneros *Navicula* (75%); *Staurastrum* (15%) y *Closterium* (10%) (Figura 14).

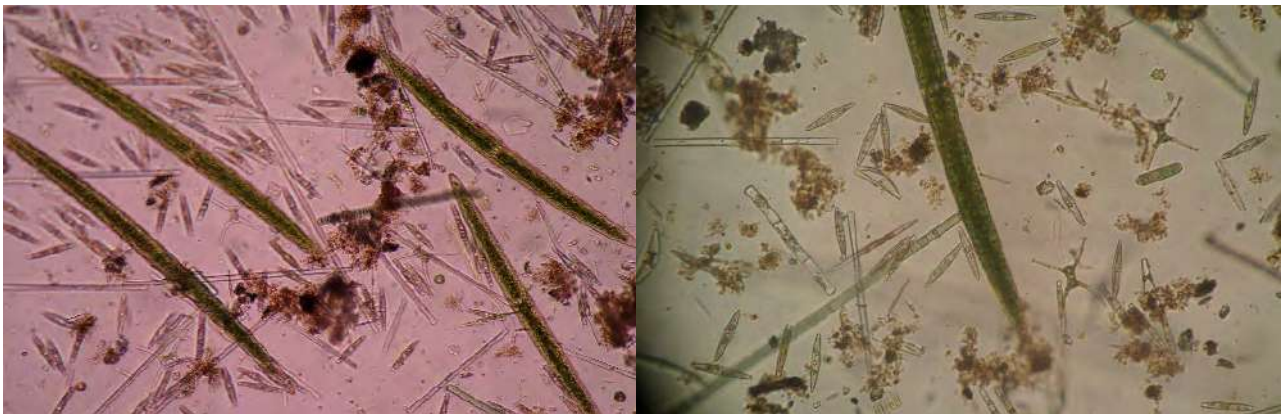


Figura 14.- Representantes de los géneros *Navicula* sp., *Staurastrum* sp. y *Closterium* sp. como dominantes en Salve Faccha

La presencia de estos grupos fitoplanctónicos como dominantes, frente a la escasa representatividad de zooplancton, reflejan indicios de trastornos en el estado de salud ecológica del embalse. Aunque no es muy común que las diatomeas formen parte de la dieta de las truchas, si pueden presentarse como parte del perifiton, que es ingerido también en ocasiones por estos peces.

En cuanto al Índice de Importancia Relativa (IIR), las presas de mayor oferta alimenticia fueron de origen vegetal (algas, ramas, restos vegetales), reflejando un posible proceso de deterioro, en el estado de salud ecológica del embalse (Tabla 4).

Estimación de la densidad poblacional con la técnica del sonar

Se realizaron 39 transectos en Mogotes, en un tiempo aproximado de tres horas de recorrido permanente a velocidad constante. Se registró una profundidad máxima de 58 m hacia la porción media de la laguna, a la altura del azul, con un registro total de 3213 truchas presentes en el embalse (Figura 15; Anexo 1).

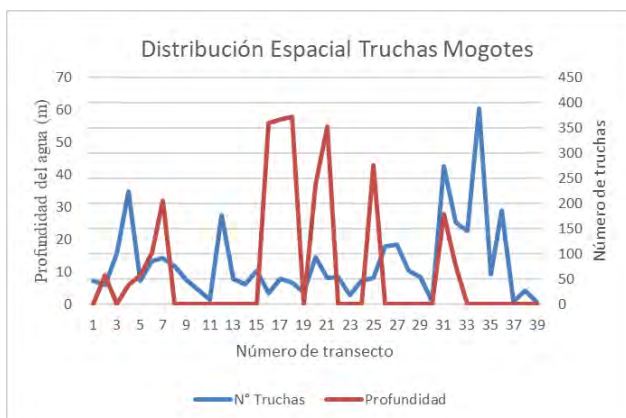


Figura 15.- Registro de la distribución espacial de truchas según la profundidad del embalse de Mogotes

El patrón de distribución espacial muestra una tendencia a la concentración de individuos hacia aguas menos profundas (zona litoral), seguramente motivada por la oferta alimenticia en este sector. La cantidad máxima de truchas registradas por transecto fue de 388 individuos. Se cubrieron 29 transectos en Sucus, en un tiempo aproximado de dos horas de recorrido permanente a velocidad constante. Se registró una profundidad máxima de 41 m hacia la porción media de la laguna, a la altura del azul, con un registro total de 3213 truchas presentes en el embalse (Anexo 1). La cantidad máxima de truchas registradas por transecto fue de 225 individuos.

En este embalse, la distribución espacial de las truchas se manifiesta de forma heterogénea e irregular, comparada con los otros dos embalses. Esto podría deberse a que la oferta alimenticia está mejor distribuida a lo largo de toda la laguna, esto podría obedecer a una mejor distribución de los parches de bosque en sus alrededores.

Se cubrieron 52 transectos en Salve Faccha, con un registro de profundidad máxima de 21,1 m a la altura del Azud y un tiempo aproximado de cuatro horas de recorrido permanente a velocidad constante. Se registró un total de 2583 truchas (Anexo 1), la máxima densidad poblacional por transecto fue de 269 truchas.

En este caso, las tendencias de ocupación espacial se focalizó hacia las zonas más profundas (entre 16 y 20 m) (Anexo 1), patrón que se manifiesta de forma contraria a los otros dos embalses, quizá porque la zona litoral en este embalse no brinda las condiciones adecuadas para el establecimiento de una oferta alimenticia permanente y variada, lo que obliga a la trucha a buscar alimento en zonas más profundas.

4. Consideraciones finales

Los peces son de gran importancia económica y ecológica, cumplen la función de regular la cadena trófica y son indicadores de la disponibilidad de alimento en un medio, así como de su estado de salud ecológica, actúan como vectores de expresión de una red trófica. Este patrón se puede medir en función de la densidad poblacional, la biomasa y el porcentaje de llenado estomacal de los animales que habitan en un medio en particular (Navarro, 2011). En el caso de los embalses analizados, la densidad poblacional de truchas no sobrepasó los niveles intermedios; el embalse de Mogotes mostró una densidad media de truchas, mientras que Salve Faccha y Sucus registraron una densidad baja, según la tabla 1, lo cual pone de manifiesto que el deterioro del estado de salud de Salve Faccha, no se debe a un exceso en la población de truchas, sino posiblemente a una inadecuada estructura de la red trófica dentro del embalse, lo cual genera un desequilibrio en el flujo de energía dentro del sistema.

Si se compara la densidad poblacional de truchas y su biomasa, entre Sucus y Salve Faccha, se puede apreciar que a pesar de que las densidades de truchas son muy similares entre los dos embalses, la calidad de la trucha y el estado de salud ecológica de los dos cuerpos de agua, son muy diferentes. Sucus tiene truchas de mayor

peso y tamaño que las de Salve Faccha y su morfología externa, color de la carne y sabor son extremadamente diferentes.

El embalse de Mogotes presentó una densidad y biomasa mucho mayor a las registradas en Salve Faccha y Sucus. Sin embargo, este ecosistema se encuentra en buen estado de salud ecológica, lo cual refleja nuevamente que las densidades y biomasa de trucha presentes en los cuerpos de agua, no son necesariamente los responsables del deterioro en el estado de salud ecológica de los cuerpos de agua.

La mayoría de los estómagos, de las truchas capturadas en Sucus y Mogotes, presentaron un porcentaje de llenado superior al 50%, mientras que las truchas de Salve Faccha evidencian tan solo el 25% en el porcentaje de llenado, condición que refleja limitaciones serias de la oferta alimenticia en esta laguna. Un factor importante en este aspecto, podría ser el gran aporte de material alóctono que reciben los embalses, provenientes de la conformación en zonas de ribera (bosques aledaños) y de los afluentes o aportantes que acarrear recursos, desde el origen de las fuentes de agua primarias. Por consiguiente, es muy importante conservar el estado ecológico de estas fuentes, ya que alimentan los embalses y protegen su vegetación de ribera (Terneus y Yáñez, 2016).

El hábito alimenticio identificado, en las truchas capturadas, resultaron muy similares a lo descrito por algunos autores para el mismo género, en otros estudios (Cabrera *et al*, 2008). Sin embargo, los embalses estudiados muestran particularidades ambientales, haciéndolos distintos entre sí. La trucha es una especie de hábitos generalistas, lo cual le lleva a alimentarse de la oferta existente en el medio donde vive (Terneus y Buñay, 2013).

De acuerdo a las preferencias alimentarias, mostradas con el Índice de Importancia Relativa (IIR), se observa una tendencia clara por consumir cladóceros e insectos acuáticos, en su mayoría. Sin embargo, en el caso de Salve Faccha, en particular, se observaron patrones de cambio en las preferencias alimenticias, dando prioridad a restos vegetales y algas, lo que pone

de manifiesto trastornos en la oferta alimentaria de este embalse; situación que podría reflejar un desequilibrio en la estructura y funcionamiento de sus redes tróficas, poniendo en riesgo la estructura de la comunidad zooplanctónica del embalse.

La fuerte variabilidad en los niveles de agua, sobre todo en Salve Faccha, podría promover la reducción en la oferta alimenticia de zooplankton, rompiendo el equilibrio en la red trófica de este ecosistema, siendo determinante en su salud ecológica. En estos casos, cuando el ecosistema no brinda la suficiente oferta alimenticia, en cantidad y calidad, las truchas tienden a buscar otro tipo de alimento para subsistir, en este caso restos vegetales y algas filamentosas, lo que limita el acceso a los nutrientes necesarios para un adecuado crecimiento, lo cual se refleja en el deterioro y apariencia física (cabeza grande y cuerpo alargado), en la coloración (carne blanca) y en la textura organoléptica (sabor y textura desagradable) de la carne (Terneus y Buñay, 2013).

La presencia de fitoplancton, específicamente de *Chroococcus*, y *Gomphosphaeria sp.*, evidencia el deterioro y aumento de la carga orgánica en el agua (Wan Maznah y Makhrough, 2015), condición que resultó ser más marcada en Salve Faccha.

Según Cabrera *et al.*, (2008) el desarrollo masivo de algas, especialmente de cianófitas o algas verde-azuladas, es la manifestación más frecuente del proceso de eutrofización. Estas algas, en un ambiente con nivel alto de nutrientes y condiciones favorables de iluminación y temperatura, tienden a conformar floraciones algales que limitan el papel del zooplankton en términos predatorios, generando un desequilibrio en el ecosistema.

Las floraciones algales, también llamados blooms, son fenómenos en los que una o varias especies de algas, especialmente cianobacterias, dominan el fitoplancton de un ambiente acuático, mostrando un elevado número de células y/o

colonias; lo cual debería ser motivo de vigilancia y monitoreo (UNESCO, 2009). En los ambientes acuáticos continentales las principales formadoras de blooms están dados por cianobacterias, que entre las consecuencias más importantes están: 1) agotamiento del oxígeno en el agua, 2) aumento de la concentración de amoníaco, y 3) producción de cianotoxinas. Esta situación afecta a la cadena trófica e incluso constituye un riesgo para la salud pública, en el caso de los embalses (Mendoza, 2016).

Por otro lado, la excesiva carga orgánica de un ambiente eutrófico, provoca la liberación de gases de sulfuro de hidrógeno (SH_2), responsable del olor y sabor desagradable del agua, además de resultar un compuesto tóxico para la biota del sistema. Este fuerte olor y sabor, que adquieren los organismos acuáticos, pueden estar asociados a la presencia de compuestos volátiles, sintetizados por algunas especies de cianobacterias (Maridueña *et al.*, 2003), afectando también al producto de la pesca, limitando fuertemente su consumo (Maridueña *et al.*, 2003), situación que se evidencia de manera particular en Salve Faccha.

Se observa además que la tendencia de ocupación espacial, en los embalses de Sucus y Mogotes, se concentra en aguas poco profundas y zonas litorales, donde existe mayor disponibilidad de alimento. En Salve Faccha, este patrón muestra una tendencia contraria (Anexo 1). Sin embargo, en los tres embalses, los organismos más grandes están siempre en aguas profundas, en respuesta a un instinto de supervivencia, haciendo también más difícil su captura.

El caso particular de Salve Faccha merece una atención especial, ya que la salud ecológica de este ecosistema sí difiere de los otros dos, en particular porque la oferta alimenticia del ecosistema se fundamenta en elementos de origen vegetal, restándole representatividad a los grupos zooplanctónicos, como consumidores dentro de la red trófica. De igual manera, a pesar de que las densidades de trucha son bajas, estas presentan serios problemas tanto en su morfología externa como en la condición organoléptica de su carne.

En consecuencia, el potencial deterioro de la calidad del agua en los embalses, no debería ser resultado de la presencia de truchas, sino más bien a un conjunto de condiciones, donde el inadecuado manejo de las escotillas o sistemas de desagüe, que mantiene el control en la variación de los niveles de agua, provoca la pérdida de oxígeno por la falta de procesos de mezcla, y favorecen el crecimiento y acción de cianobacterias.

La presencia de ganado, en la zona de influencia de la laguna de Salve Faccha, también contribuye al deterioro de la calidad de agua; cuando al ingresar, por lixiviación y escorrentía, líquidos con abundante amoníaco y otros nutrientes derivados del nitrógeno, eutrofizan el medio acuático. El ganado también favorece el incremento de sólidos disueltos, producto del pisoteo y deterioro del suelo en las zonas de ribera. Si a esto se suma el proceso de descomposición del pajonal, que fue inundado en el embalse desde su construcción, los procesos de descomposición de materia orgánica y acumulación de nutrientes son mucho más intensos y prolongados.

Los embalses muestreados merecen una especial atención, debido a su uso como fuente de agua potable para grandes sectores de la ciudad de Quito. Estos cuerpos de agua deben ser monitoreados permanentemente, inclusive en aspectos relacionados a redes tróficas y procesos limnológicos de productividad primaria, como complemento al entendimiento de las interacciones tróficas entre depredador y presa.

Se recomienda generar un estudio que permita, en base a un balance hídrico anual, y proyecciones hidráulicas, establecer una mecánica eficiente de apertura y cierre de desagües o escotillas, en función de la disponibilidad de agua durante las distintas estacionalidades climatológicas, con el fin de evitar las intensas variaciones de los niveles de agua en los embalses y mejorar la periodicidad de recambio en la columna; y así lograr una adecuada oxigenación del sistema y en consecuencia, mejoren los procesos de oxidación de la materia orgánica suspendida en el mismo.

Se recomienda realizar, al menos tres veces por año, estudios sobre la densidad poblacional de truchas, ya que esta especie es considerada un buen bioindicador del funcionamiento de las redes tróficas en los cuerpos de agua y permiten una identificación temprana de problemas en la funcionalidad ecosistémica. La población de truchas puede ser controlada implementando épocas de pesca intensiva y direccionada, cuando las condiciones del embalse lo ameriten, en función de los patrones de productividad manifiesta a lo largo del tiempo.

Para mejorar la oferta alimenticia y recuperar la estructura de la red trófica en Salve Faccha, el sembrar en lugares estratégicos de la zona litoral ciertas especies de plantas acuáticas como *Callitriche*, *Isolepis* y *Myriophyllum*, podría ayudar significativamente a la recuperación del zooplancton y a su vez, mejorar el control de cianófitas, por procesos de predación. Estas especies también crecen en Sucus, lugar de donde se las podría extraer para trasplante vegetativo. Finalmente hay que destacar, que en la actualidad, las instituciones encargadas del manejo de los embalses se encuentran haciendo esfuerzos importantes y están gestionando proyectos de conservación para la recuperación de la cubierta vegetal del páramo, manejo y seguimiento de los proyectos de restauración fluvial de las zonas de ribera y en las áreas de influencia de los tributarios que alimentan estos cuerpos de agua. Con estas iniciativas se proyecta una fase alentadora de recuperación de la salud ecosistémica, devolviendo a estos sistemas naturales su adecuada funcionalidad.

Agradecimientos

Agradezco al personal de la EPMAPS por apoyar en la logística del estudio y por permitir el uso de la información, en particular a Darwin Bohórquez, funcionario de la institución. Un agradecimiento especial a Mateo Gómez de la Torre por su apoyo permanente durante las jornadas de campo y laboratorio realizadas durante el estudio. Un reconocimiento especial a la Unidad de Investigación y Posgrados de la Universidad Tecnológica Indoamérica (UTI) por auspiciar esta obra.

Bibliografía

- Bellinger, E., y Sigeo, D. (2010). *Freshwater Algae, identifications and use as bioindicators*. Ed. Wiley – Blackwell. Pp. 271.
- Blanchet, S., Loot, G., y Dodson, J. (2008). Competition, predation and flow rate as mediators of direct and indirect effects in a stream food chain. *Oecologia*, 157, 93-104.
- Jaramillo, A. (2009). *Estudio de la biología trófica de cinco especies de peces en Cullera*. Universidad Politécnica de Valencia. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Valencia, España.
- Cabrera, Y., Aguilar, C., y González, G. (2008). Indicadores morfológicos y reproductivos del pez *Gambusia puncticulata* (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares, Cuba. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol. ISSN-0034-7744)* Vol. 56 (4). Cuba.
- Castro, R., Muñóz, G., y Donato, R. (2014). Food web of a tropical high mountain stream: effects of nutrient addition. *Acta biol. Colomb.* 2014. 19(1):35-44.
- Crespo, V. (2015). ¡Alerta con las especies exóticas invasoras de agua dulce! *Revista Nuestra Ciencia*. No. 17:12-16
- Hyslop, E.J. (1980). Stomach contents analysis: a review of methods and their application. *Journ. Fish. Biol.*, 17: 411-429.
- Imaki, A., (2003). *Manual de Manejo y Crianza de Trucha arco iris*. Quito: GD.
- Keeley, E., Parkinson, E., y Taylor, E. (2005). Ecotypic differentiation of native rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*) populations from British Columbia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* (62) 1523 – 1539.
- Maridueña, A., Chalen, N., Coello, D., Cajas, J., Elías, E., Solís, P., y Aguilar, F. (2003). Mortandad de peces en la laguna de Yahuarcocha, cantón Ibarra, provincia de Imbabura. *Boletín Especial*.
- Mendoza, L. (2016). El género *Sphaerocavum* y dominancia de *S. brasiliense* y *Microcystis wesenbergii* (Microcystaceae, Cyanophyceae) en la floración algal de la laguna Huacachina, Perú. *Revista Peruana de Biología versión On-line* ISSN 1727-9933.
- Montes de Oca, E., Páez, M., Carmona, T., y Suárez, A. (2016). *Ecología de poblaciones. Manual de prácticas*. Universidad Veracruzana. Facultad de Biología.
- Mouillet, C., Barta, B., Espinosa, R., Andino, P., Cristoffersen, K., y Jacobsen, D. (2018). Ecological effects of introduced rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*) in pristine Ecuadorian high Andean lakes. *Fundam. Appl. Limnol.* 191 (4) 323 – 327.
- Navarro, A. (2011). *Ecomorfología del Aparato Mandibular de peces Batoideos*. Tesis: Maestría de Ciencias en Manejo de Recursos Marinos, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, La Paz-Baja California Sur, México, 149p.
- Olaya, C., Tordecilla, G., y Segura, Y. (2008). *Relación Longitud-Peso Del Rubio (Salminus Affinis Steindachner, 1880) En La Cuenca Del Río Sinú, Colombia*. Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Ciencias Acuícolas, Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP. Lorica, Colombia.
- Oscóz, J., Escala, M., y Campos, F. (2000). La alimentación de la trucha común, *Salmo trutta* en un río de Navarra, España. *Limnética* (18) 29 – 35.

- Palma, A., Figueroa, R., Ruíz, V., Araya, E., y Berríos, P. (2002). Composición de la dieta de *Oncorhynchus mikiss* en un sistema fluvial de baja intervención antrópica: estero Nonguen, VIII región, Chile. *Gayana* 66 (2) 129 – 139.
- Salamanca, D. (2020). Introducción a la maduración sexual y desove de *Oncorhynchus mikiss* por fotoperiodo en el CIPBS- Chucuito, Una Puno. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano, Perú. Pp. 103.
- Terneus, E., y Buñay, D. (2013). Efectos del embalsamiento de las lagunas de Mogotes y Loreto sobre las poblaciones de truchas y las comunidades de macrófitas en el sector de Papallacta, Ecuador. *Revista Científica QUALITAS*, Universidad Iberoamericana del Ecuador. Vol. 5:48 – 73.
- Terneus, E., Racines, M.J., Cueva, M., y Gómez de la Torre, M. (2016). Monitoreo de macroinvertebrados en el sistema de captación de agua Papallacta. *EPMAPS-Q*. Pp. 34.
- Terneus, E., y Yáñez, P. (2016). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador, La Granja, *Revista de Ciencias de la Vida* 27(1) 2018:36-50.
- Torrijos, L., Sandoval, J., Muñoz, J., Uribeondo, J., Bosch, J., y Guayasamín, J. (2016). Rainbow trout (*Oncorhynchus mikiss*) threaten Andean amphibians. *Neotropical Biodiversity* Vo. 2 (1) 26 – 36.
- Tufiño, P. (2011). Plan de manejo de los embalses Salve Faccha, Mogotes y Sucus del Sistema Papallacta. *EPMAPS*. Quito – Ecuador.
- UNESCO. (2009). (en línea). Cianobacterias Planctónicas del Uruguay, manual para la identificación y medidas de gestión. <<http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002163/216319s.pdf>>. Acceso 23/03/2017.
- Wan Maznah, W., y Makhrough, A. (2015). Water quality of tropical reservoir based on spatio-temporal variation in phytoplankton composition and physico-chemical analysis. Vietnam.
- Vimos, D., Encalada, A., Ríos, B., Suárez, E., y Prat, N. (2015). Effect of exotic trout on benthic communities in high Andean tropical streams. *Freshwater Science*. Vol 34 N° 2, Pp. 770 – 783.

Anexo 1:

Estimación del número de peces en los tres embalses utilizando la técnica de Sonar

Transecto	SALVE FACCHA		MOGOTES		SUCUS	
	Nº Truchas	Profundidad	Nº Truchas	Profundidad	Nº Truchas	Profundidad
1	25	6	47	2,5	166	12
2	5	3	38	9	225	8
3	27	8	101	6,5	128	10
4	10	3	224	6	72	12
5	26	6	48	9	99	14
6	19	8	86	16	56	10
7	68	9	92	32	102	12
8	49	5	76	31,2	159	8
9	27	9	49	51,2	185	4
10	58	7	30	41,.	155	25
11	48	9	9	32,5	156	27
12	77	3	177	15,6	57	35
13	28	15	50	51,2	83	24
14	149	10	40	52,3	96	41
15	178	10	67	56,2	9	24
16	243	8	22	56	5	22
17	29	10	51	57	29	28
18	63	7	44	58	34	30
19	43	9	24	15,7	105	20
20	102	8	93	37	79	28
21	30	18	52	55	20	21
22	38	19	55	43,2	132	26
23	24	8	18	53,3	55	25
24	269	21	48	56,3	5	18
25	31	11	53	43	103	2
26	106	17	116	55,4	47	12
27	44	11	119	43,7	224	11
28	50	12	67	46,5	169	6
29	32	12	54	46,7	65	5
30	51	13	6	46,2		
31	59	11	275	28		
32	3	16	163	12		
33	33	14	146	4,1		
34	61	20	388	8,4		
35	98	13	60	16,2		
36	19	13	186	16,2		
37	34	13	6	4,7		
38	5	16	28	2,4		
39	18	12	5	2,2		
40	3	12				
41	35	21				

42	34	13		
43	4	13		
44	4	9		
45	5	18		
46	8	18		
47	18	9		
48	13	10		
49	156	7		
50	14	6		
51	5	5		
52	5	3		
TOTAL:	2583		3213	2820

ISBN: 978-9942-40-154-0



Con el auspicio de

