

**CARACTERIZACION PRELIMINAR DE LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A LOS
ECOSISTEMAS DE MORICHAL EN UN PERIODO DE AGUAS BAJAS EN EL HATO
LOS CACHORROS PUERTO GAITAN META-COLOMBIA.**

Tesis presentada por:

Ana María Fernández de Castro Rojas

Tesis para optar al título de Biólogo

Dirigido Por:

Dr Edgar Francisco Prieto Piraquive

Universidad El Bosque

Facultad de Ciencias

Programa de Biología

Bogotá, 2018

**CARACTERIZACION PRELIMINAR DE LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A LOS
ECOSISTEMAS DE MORICHAL EN UN PERIODO DE AGUAS BAJAS EN EL HATO
LOS CACHORROS PUERTO GAITAN META-COLOMBIA.**

Tesis presentada por:

Ana María Fernández de Castro Rojas

Tesis para optar al título de Biólogo

Dirigido Por:

Dr Edgar Francisco Prieto Piraquive

Universidad El Bosque

Facultad de Ciencias

Programa de Biología

Bogotá, 2018

**CARACTERIZACION PRELIMINAR DE LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A LOS
ECOSISTEMAS DE MORICHAL EN UN PERIODO DE AGUAS BAJAS EN EL HATO
LOS CACHORROS PUERTO GAITAN META-COLOMBIA.**

Tesis presentada por:

Ana María Fernández de Castro Rojas

Tesis para optar al título de Biólogo

Dirigido Por:

Dr Edgar Francisco Prieto Piraquive

Universidad El Bosque

Facultad de Ciencias

Programa de Biología

Bogotá, 2018

AGRADECIMIENTOS

Hoy quiero agradecer a Dios por su conocimiento, sabiduría, fortaleza y su gran misericordia para este logro tan importante en mi vida, a mi madre que siempre me brindó su apoyo, comprensión y dedicación en los momentos más difíciles, a mi hermana que siempre me guio con paciencia y amor a todo mis maestros que me enseñaron y aportaron su valioso conocimiento, a Gustavo Ballén quien contribuyo en este proceso y por haber puesto su confianza en mí, a Edgar Prieto quien tomo la dirección de este proyecto investigativo, al docente Alexander Sabogal por su tiempo y entrega al desarrollo de esta investigación, a Javier cárdenas por haberme brindado su amistad y permitido el estudio en su predio, a los colaboradores en campo quienes contribuyeron a que este proceso fuera exitoso. Finalmente agradecerle a Jehová por haber puesto en mi vida a Jacobo por el cual siento la motivación de terminar tan valioso proyecto. Gracias y mil gracias te amo con el corazón hijo de mi vida.

Notas de salvedad

La universidad el Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por el Investigador en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia

DEDICATORIA

Quiero dedicarle este proyecto a Dios por las personas que puso en mi camino y por darme la pasión en el tema.

A mi madre que siempre me apoyo, guio, comprendió, soporto, enseño y alentó.

A mi hermana por brindarme su sabiduría y consejo.

A los docentes que me enseñaron durante mi proceso profesional

A Edgar Prieto, Alexander sabogal, Gustavo Ballén por su acompañamiento

A Javier Cárdenas por haberme recibido cordialmente en su predio para el desarrollo del proyecto

A Arnulfo Ortiz y Andrés Cruz por su colaboración en campo.

A Jacobo Fernández el ser humano que más amo en este mundo y por ser ese motor que llego a impulsarme para poder ser esa bióloga que tanto anhelaba mi corazón.

Tabla de contenido

1. Introducción	1
2. Marco de Referencia	4
2.1. Comunidades	4
2.2. Diversidad íctica de la Orinoquía	7
2.3. Diversidad íctica de los ecosistemas de morichal	8
2.4. Medidas de la Diversidad Alfa (α)	8
2.4.3. Métodos no paramétricos.....	10
2.4.4. Medición de la estructura.....	10
2.4.4.1. Abundancia proporcional	11
2.4.4.2. Índice de Dominancia de Simpson.....	10
2.4.4.3. Índice de Uniformidad de Shannon Wiener.....	10
2.5. Medidas de la Diversidad Beta (β)	12
2.6. Aspectos ecosistémicos	13
2.7. Morichales	14
2.8. Vegetación acuática	15
3. Antecedentes	18
4. Pregunta de investigación	20
5. Justificación.....	20
6. Objetivos	22
6.1. Objetivo general	22
6.2. Objetivos específicos.....	22
7. Métodos.....	23
7.1. Caracterización del área de estudio	23

7.2. Área de estudio	25
7.3. Fase de campo	27
7.3.1. Morichales de la zona de estudio	27
7.3.2. Técnicas	28
7.3.4. Captura de la ictiofauna	30
7.4. Fase de laboratorio	31
7.4.1. Curatoría del material	31
7.5. Análisis de los datos	31
7.5.1. Representatividad de muestreo	31
7.5.1.1. Índices de la Diversidad Alfa (α).....	32
7.5.1.2. Índices de Diversidad.....	33
7.5.1.2.1. Índice de Shannon-Wiener.....	33
7.5.1.2.2. Índice de Dominancia Simpson.....	34
7.5.1.3. Índice de Diversidad Beta (β).....	34
7.6. Folleto Ecológico de especies	35
8. Resultados	36
8.1. Representatividad del muestreo.....	36
8.2. Índices de Diversidad Alfa (α)	36
8.2.1. Riqueza específica	36
8.2.1.1. Curva de Acumulación de Especies.....	36
8.3. Composición íctica asociada a los ecosistemas de morichal hatu Los Cachorros	38
8.3.1. Exclusividad de especies	45
8.4. Análisis de diversidad: Shannon-Wiener	46
8.5. Análisis de dominancia: Simpson	47

8.6. Rarefacción.....	48
8.7. Análisis de la Diversidad Beta (β).....	49
9. Discusión de resultados.....	51
10. Conclusiones	59
11. Recomendaciones.....	60
12. Referencias	61

Lista de tablas

Tabla 1. *Orden, familias y número de especies colectadas en las tres zonas de morichales con influencia de los ríos Planas y Tillavá, y carretera, en el hato Los Cachorros, Puerto Gaitán en Meta, Colombia*..... 39

Tabla 2. *Especies y abundancias de peces colectados en las tres zonas de morichales (ríos Planas y Tillavá y Carretera) y microhábitats de distribución de las especies en un ecosistema de morichal* 42-43

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Métodos para la medición de la Diversidad Alfa (Recuadro demarcados con color rojo) que se ajuntan al área de estudio	98
<i>Figura 2.</i> Chao 2	9
<i>Figura 3.</i> Chao 1	110
<i>Figura 4.</i> Índice Simpson.....	110
<i>Figura 5.</i> Índice de Shannon-Wiener	111
<i>Figura 6.</i> Métodos para la medición de la Diversidad Beta (recuadro demarcados con color rojo) que se ajuntan al área de estudio	1211
<i>Figura 7.</i> Ecosistema de morichal hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	14
<i>Figura 8.</i> Vegetación acuática de un ecosistema de morichal	16
<i>Figura 9.</i> Microhábitats de un ecosistema de morichal	17
<i>Figura 10.</i> Patrón de precipitación media mensual (1990-2014) registrado en la Estación Puerto Gaitán, Meta	24
<i>Figura 11.</i> Precipitaciones y temperaturas anuales de la cuenca del Orinoco	24
<i>Figura 12.</i> Ubicación geográfica del hato Los Cachorros, vereda Los Kioskos, municipio de Puerto Gaitán, en Meta, Colombia.....	26
<i>Figura 13.</i> Morichales. Hato Los Cachorros. Puerto Gaitán (Orinoquía, Colombia).....	27
<i>Figura 14.</i> Representación gráfica del método utilizado en campo en cada ecosistema de morichal	28
<i>Figura 15.</i> Zonas de Muestreo	29
<i>Figura 16.</i> Artes de pesca utilizadas en cada uno de los morichales	30
<i>Figura 17.</i> Índices de riqueza específica.....	32
<i>Figura 18.</i> Rarefacción	33
<i>Figura 19.</i> Índice de Jaccard.....	35
<i>Figura 20.</i> Curva de acumulación de especies de un muestreo de peces asociados a los morichales del hato Los Cachorros, Puerto Gaitán en Meta, Colombia.....	37
<i>Figura 21.</i> Eficiencia de muestreo de las tres zonas relacionadas con los morichales del hato Los Cachorros, Puerto Gaitán en Meta, Colombia	38
<i>Figura 22.</i> Representación gráfica del número de especies por familia encontradas en los morichales del hato Los Cachorros del municipio de Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	40

<i>Figura 23.</i> Representación gráfica de las abundancias por familia encontrada en los morichales del hato Los Cachorros del municipio de Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	40
<i>Figura 24.</i> Número de ejemplares colectados por especie en los ecosistemas de morichal muestreados en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia).....	44
<i>Figura 25.</i> Número de ejemplares colectados en los morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá y carretera muestreados en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	44
<i>Figura 26.</i> Número de especies compartidas en las zonas de muestreo (morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá y a la carretera) en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta Colombia).....	45
<i>Figura 27.</i> Número de especies exclusivas en las tres zonas de muestreo (morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá, y a la carretera) en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia).....	46
<i>Figura 28.</i> Índice de diversidad de Shannon-Winer, de especies uniformes para los morichales en las tres zonas de muestreo del hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia).....	477
<i>Figura 29.</i> Índice de diversidad de Simpson, exponencial de Shannon y % de especies uniformes para los morichales en las tres zonas de muestreo del hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	48
<i>Figura 30.</i> Curva de rarefacción (línea continua) e intervalos de confianza del 95 % para la ictiofauna asociada a los ecosistemas de morichal en las tres zonas (Tillavá-Planas-Carretera) del hato Los Cachorros, Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	49
<i>Figura 31.</i> Índice de similitud de Jaccard de los morichales en las tres zonas (límites de los ríos Tillavá y Planas-Carretera), del hato Los Cachorros, Puerto Gaitán (Meta, Colombia)	50
<i>Figura 32.</i> <i>Acaronia vultuosa</i> (Kullander, 1989).....	69
<i>Figura 33.</i> <i>Acestrorhynchus microlepis</i> (Jardine, 1841).....	70
<i>Figura 34.</i> <i>Acestrorhynchus falcistrotris</i> (Cuvier, 1819).....	71
<i>Figura 35.</i> <i>Aequidens diadema</i> (Heckel, 1840).....	72
<i>Figura 36.</i> <i>Astyanax superbus</i> (Heckel, 1840).....	73
<i>Figura 37.</i> <i>Brycon falcatus</i> (Müller & Troschel, 1844).....	74
<i>Figura 38.</i> <i>Bryconops Giacopinii</i> (Fernández-Yépez 1950).....	75
<i>Figura 39.</i> <i>Catoprion mento</i> (Cuvier, 1819).....	76

Figura 40. <i>Cichla intermedia</i> (Machado-Allison, 1971).....	77
Figura 41. <i>Cichlasoma taenia</i> (Bennett, 1831).....	78
Figura 42. <i>Copella Metae</i> (Eigenmann 1914).....	79
Figura 43. <i>Crenicichla lugubris</i> (Heckel, 1840).....	80
Figura 44. <i>Crenicichla Strigata</i> (Günther, 1862).....	81
Figura 45. <i>Curimatopsis macrolepis</i> (Steindachner 1876).....	82
Figura 46. <i>Geophagu staeniopareius</i> (kullander&royero, 1992).....	83
Figura 47. <i>Hemigrammus barrigona</i> (Gill, 1858).....	84
Figura 48. <i>Hemigrammus newboldi</i> (Fernández-Yépez, 1949).....	85
Figura 49. <i>Hemigrammus stictus</i> (Durbin, 1909).....	86
Figura 50. <i>Hemiodus gracilis</i> (Günther, 1864)	87
Figura 51. <i>Hoplerythrinus unitaeniatus</i> (Spix 1829).....	88
Figura 52. <i>Hoplias malabaricus</i> (Bloch 1794).....	89
Figura 53. <i>Hyphessobrycon metae</i> (Durbin 1909).....	90
Figura 54. <i>Hypopomus</i> (Gill, 1864).....	91
Figura 55. <i>Leporinus octomaculatus</i> (Britski&Garavello, 1993).....	92
Figura 56. <i>Mesonauta egregius</i> (Kuliander y Silvergrip, 1991).....	93
Figura 57. <i>Metynnis argenteus</i> (Ahl 1923)	94
Figura 58. <i>Metynnis hypsauchen</i> (Muller y Troschel 1844).....	95
Figura 59. <i>Moenkhausia lepidura</i> (Kner 1859).....	96
Figura 60. <i>Moenkhausia oligolepis</i> (GÜNTHER, 1864).....	97
Figura 61. <i>Myleus ruprinnis</i> Müller &Troschel, 1844).....	98
Figura 62. <i>Pimelodus blochii</i> (Valenciennes, 1840).....	99
Figura 63. <i>Pristobrycon calmoni</i> (Steindachner, 1908).....	100
Figura 64. <i>Pristobrycon striolatus</i> (Steindachner, 1908).....	101
Figura 65. <i>Pygopristis denticulata</i> (Cuvier, 1819).....	102
Figura 66. <i>Pyrrhulina lugubris</i> (Eigenmann, 1922).....	103

RESUMEN

En el presente estudio se identificó y describió la composición y estructura de la ictiofauna asociada a los ecosistemas de morichal en el Hato Los Cachorros en el municipio de Puerto Gaitán, Meta en Colombia. Este se realizó durante la temporada de invierno entre los meses de junio y julio del 2012, realizando colectas diurnas por morichal durante un mes en la fase de campo. Para ello se emplearon cuatro artes de pesca (atarraya, red de arrastre, anzuelo, jama) con el fin de abarcar la mayor diversidad de microhábitats (macrófitas flotantes, plantas acuáticas, fangos y zona profunda y centros de morichal) que componen el ecosistema de morichal; a partir de estos se calculó la Diversidad Alfa y la Diversidad Beta. Se colectaron 36 especies, con un total de 4.408 individuos distribuidos en Characiformes con 6 familias (*Characidae*, *Curimatidae*, *Erythrinidae*, *Lebiasinidae*, *Anostomidae*, *Acestrorhynchidae*), Siluriformes con 1 familia (*Pimelodidae*), Gymnotiformes con 1 familia (*Hypopomidae*) y Perciformes con 1 familia (*Cichlidae*) para un total de 9 familias respectivamente, los carácidos y Siluriformes del género *Hyphessobrycon* y *Acaronia* fueron los más abundantes y con mayor riqueza aportando el 60 % de los individuos colectados. Las comunidades ícticas aquí descritas, la diversidad y dominancia de especies, el aporte de material alóctono y la vegetación riparia (asociado a palma *Mauritia flexuosa*) se asemeja en gran medida a las reportadas en ecosistemas de morichal en la Orinoquía de Colombia y Venezuela. Se presenta la diversidad, riqueza y dominancia de las especies ícticas asociadas a los ecosistemas de morichal, lista de especies, folleto ecológico de las especies y clasificación taxonómica de cada una de ellas.

Palabras claves: composición, estructura, ictiofauna, morichales, ecosistemas, comunidad

ABSTRACT

In the present study, the composition and structure of the ichthyofauna associated with the morichal ecosystems was identified and described in the Los Cachorros herd in the municipality of Puerto Gaitán, Meta in Colombia. This was carried out during the winter season between the months of June and July 2012, making daytime collections by morichal during a month in the field phase. To this end, four fishing gears (cast net, trawl net, hook, jama) were used to cover the greatest diversity of microhabitats (floating macrophytes, aquatic plants, sludge and deep zone and morichal centers) that make up the ecosystems of morichal; from these, Alpha Diversity and beta diversity were calculated. 36 species were collected, with a total of 4,408 individuals distributed in Characiformes with 6 families (Characidae, Curimatidae, Erythrinidae, Lebiasinidae, Anostomidae, Acestrorhynchidae), Siluriformes with 1 family (Pimelodidae), Gymnotiformes with 1 family (Hypopomidae) and Perciformes with 1 family (Cichlidae) for a total of 9 families respectively, the Characids and Siluriformes of the genus *Hyphessobrycon* and *Acaronia* were the most abundant and with greater wealth contributing 60% of the individuals collected. The fish communities described here, the diversity and dominance of species, the contribution of allochthonous material and riparian vegetation (associated with *Mauritia flexuosa* palm) closely resemble those reported in morichal ecosystems in the Orinoquía of Colombia and Venezuela. It presents the diversity, richness and dominance of the fish species associated with the morichal ecosystems, list of species, ecological leaflet of the species and taxonomic classification of each of them.

Keywords: composition, structure, ichthyofauna, morichales, ecosystems, community

1. Introducción

La región de la Orinoquía colombiana se caracteriza por poseer un ecosistema ribereño con vegas de inundación; en ellos se aprecia un conjunto de bosques de galería y sistemas de morichal (Castellanos, 2003), formados en cavidades que temporal o permanentemente se encuentran inundadas a lo largo de todo el año. En los sistemas de morichal existe una compleja vegetación que se haya dominada por la palma *Mauritia flexuosa*, comúnmente llamada Moriche (Aristeguieta, 1969), que alcanza alturas hasta de 25 metros, aparentemente homogéneos con abundantes arbustos en el sotobosque. En este ambiente, “el pulso de inundación es el principal factor o fuerza conductora de modo que es el responsable de la existencia, de la productividad y de las interacciones de la biota predominante” (Junk *et al.* 1989 como se citó en Ronchi, 2011, p. 9). Tales humedales cumplen entonces la función de hábitat clave para la fauna acuática o migratoria, como algunos peces, aves, mamíferos, entre otros (Naranjo, 1997).

En esa medida, los ecosistemas de morichal pueden definirse como sistemas ecológicos con poca variación interestacional, constituida por una comunidad de flora y fauna que interactúa a través de un espacio y tiempo determinado. Aunque casi siempre están presentes en el bosque, estos ecosistemas presentan las características de aguas oligotróficas con abundante material orgánico, que colorean el agua desde el negro ocre hasta el verde oliva (Vegas-Vilarrúbia, Paolini, & Herrera, 1988 como se citó en Machado-Allison, Mesa, & Lasso, 2013), de hecho:

Estos tienen en general los valores físicoquímicos de los sistemas de aguas negras. De esta forma, estos ecosistemas son caracterizados por la acidez del agua, la pobreza en cuanto a nutrientes, una temperatura relativamente más fría que la del ambiente circundante, saturación de oxígeno disuelto variable (40 % - 80 %), además de presentar canales con riberas y fondos arenosos, abundante vegetación terrestre y acuática, flotante, semi o completamente sumergida. (Machado-Allison 2005, Marrero *et al.* 1997, Nakamura 2000, Pérez 1984 citados en Machado-Allison *et al.*, 2013, p. 290)

Asimismo, estos ecosistemas muestran una diversidad en fauna acuática.

Además de la asociación vegetal que cambia de acuerdo al terreno donde se encuentren, dada la baja cantidad de nutrientes en los ecosistemas de morichal, la producción primaria (fitoplancton) es poca y solo se observa el crecimiento de perifiton sobre [...] troncos y

ramas. Igual sucede con el zooplancton en ciertas zonas de remansos o lagunas asociadas a los morichales. No obstante, y a pesar de la baja de nutrientes, los morichales albergan una diversidad biótica, que depende del aporte de material alóctono, como insectos, frutos, semillas y hojas que caen constantemente (Machado-Allison 2005, Machado-Allison *et al.* 1987, Marrero *et al.* 1997, Nakamura 2000, Pérez 1984 citados en Machado-Allison *et al.*, 2013, p. 292; en negrita palabras propias del autor)

Por su parte, la ictiofauna que vive en estos cuerpos de agua es particularmente interesante debido a las condiciones físico-químicas especiales en estos ambientes donde utilizan el recurso (material orgánico, material alóctono) al máximo, aprovechando un sinnúmero de microhábitats creados por la vegetación sumergida y flotante; estos funcionan como refugio para la alimentación y reproducción de las especies. Los morichales representan ecosistemas muy importantes desde el punto de vista biológico ya que el componente íctico lo definen muy bien (Machado-Allison *et al.* 2013). Sin embargo, son pocos los estudios exhaustivos que se han realizado en torno a estos ecosistemas. (Machado-Allison *et al.*, 2013, p. 292)

Al respecto, Machado-Allison (1984) como se citó en Montaña, Layman y Taphorn (2008) argumento que la alta diversidad de las especies ícticas en aguas dulces se debe a la integridad de componentes bióticos y abióticos así como a la disponibilidad de agua (Rodríguez & Lewis, 1997 como se citó en Montaña *et al.*, 2008), la heterogeneidad de hábitats asociados al sustrato, la disponibilidad de los recursos y el ciclo hidrológico estacional.

A pesar de que los ecosistemas de morichal poseen una gran diversidad íctica, como se puede evidenciar de lo dicho antes, hasta el momento estos han sido poco documentados para la altillanura colombiana; si bien se han visto reportados en algunas investigaciones en las zonas biogeográficas de la Orinoquia y Amazonia, son evidentes las pocas investigaciones para este país. Por este motivo, es necesario generar estudios que permitan conocer la ictiofauna de los ecosistemas de morichal para Colombia, con el fin de conocer su estado ecológico y promover así su conservación. Dicho esto, es oportuno anotar que en la actualidad las especies para ecosistemas de morichal en Colombia y Venezuela es de 394 (Machado-Allison *et al.*, 2013).

Siendo así, esta investigación pretende contribuir al conocimiento en cuanto a la composición y estructura de la ictiofauna asociada a los ecosistemas de morichal en Puerto Gaitán, ubicado en

la Orinoquía colombiana, aportando con ello al conocimiento taxonómico y ecológico tanto a nivel local como regional.

2. Marco de Referencia

2.1. Comunidades

Los ecosistemas son la base funcional en la ecología, sin embargo, para comprender su funcionamiento hay que saber cómo se estructuran las comunidades y qué factores influyen en ellas (Murcia-Castillo, 2014).

Una comunidad puede definirse según Begón *et al.* (2006) como se citó en Ortiz (2010) como el “ensamblaje de poblaciones que ocurren simultáneamente en el espacio y tiempo” (p. 12). Entre sus propiedades características se encuentran el conjunto de dominios individuales y sus interacciones en un tiempo determinado (Begón *et al.* 2006 como se citó en Ortiz, 2010). Es de gran importancia comprender que un ensamblaje poblacional no es fácil de determinar en la medida en que en muchas de ellas no existen límites claros que permitan reconocer dónde empieza una población y termina la otra. Entonces, para hacer investigaciones sobre dichos ensamblajes se debe tener claro primero qué se quiere saber sobre el ambiente, o qué se va investigar, para poder establecer los límites que van a ser estudiados (Murcia-Castillo, 2014).

Básicamente, lo que define a estas poblaciones es que los individuos que las conforman comparten un espacio y tiempo determinado en el que pueden reproducirse entre sí. En definitiva, esas propiedades son un conjunto de características por las cuales son estudiadas, como se muestra a continuación:

- **Estructura poblacional:** es una descripción de cómo está compuesta la población. Diferencias de edades, tamaños, colores, sexos, etc. (Villarreal *et al.*, 2006).

En los ambientes los individuos y las poblaciones no están solos, siempre hay un conjunto de poblaciones que están juntas en un hábitat dado (Gleason, 1926). Las comunidades se van ajustando naturalmente, en primera instancia, sobre una matriz no viviente de todo el medio físico, y posteriormente, sobre un fundamento de las especies existentes (Murcia-Castillo 2014). El resultado final de cada una de las especies que comparten un área determinada son las comunidades mismas.

Bajo esta representación muchos investigadores se han formulado preguntas tales como ¿qué especies forman una comunidad?, ¿cuántas especies pueden vivir juntas?, ¿por qué parece que algunas son particularmente raras en ciertos sitios?, ¿cómo cambia todo esto con el tiempo? Para responder a estos interrogantes los investigadores deben reconocer cada una de las complejidades poblacionales correspondientes a las comunidades, además de sus niveles de organización en el medio que estudia la ecología, las comunidades tienen un conjunto de particularidades tanto físicas como biológicas. Estas características cambian a través del tiempo y el espacio compartido por las especies. El conocimiento de estas propiedades en una comunidad es importante para comprender su funcionamiento. Estas propiedades son:

- **Riqueza de especies:** “número total de especies obtenido por un censo de la comunidad” (Moreno, 2001, p. 26).
- **Composición:** es el conjunto de especies que conforman una comunidad. “La composición de especies en una comunidad particular tiene una influencia decisiva sobre el funcionamiento del sistema como un todo” (Gleason, 1926 como se citó en EGE - IEGEBA, 2016, p. 6) ya que todas las especies son parecidas, la pérdida de alguna especie influye significativamente sobre las otras, es decir, las especies que desaparezcan causan grandes consecuencias en la composición de la comunidad, por eso son llamadas especies clave (Rodríguez, J., 2001 como se citó en EGE - IEGEBA, 2016).
- **Estructura:** es la forma en que están organizadas las comunidades. Estas pueden estar representadas por estructuras físicas o espaciales donde se encuentran los organismos dominantes, y una estructura vertical, que está dada por comunidades acuáticas y terrestres diferenciadas por estratos (Soberón & Peterson, 2005)
- **Diversidad:** esta es definida como
La variabilidad entre los organismos vivientes de todas las fuentes, incluyendo entre otros, los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro de las especies, entre especies y de ecosistemas (UNEP, 1992). El término comprende, por tanto, diferentes escalas biológicas: desde la variabilidad en el contenido genético de los individuos y las poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región. (Moreno, 2001, p. 16)

Los estudios de biodiversidad requieren variables como el tiempo, el espacio y la escala en la cual se toma de cada uno de los parámetros y es a partir de ellos desde donde se busca una aproximación investigativa. Existen varios tipos de diversidad que se miden en diferentes escalas: α , β , (Stiling, 1996).

- **Diversidad Alfa (α):** Existen varios índices para medir la diversidad alfa, cada uno ligado a el tipo de información que se desea analizar, es decir, que algunas de las variables respuesta tienen maneras diferentes de analizarse. Si las dos variables respuesta que se están analizando son número de especies (riqueza específica) y datos estructurales (por ejemplo abundancias), cada uno de ellos se podrá analizar diferencialmente para obtener más información complementaria (IAVH, 2010).

Niveles: riqueza específica, Rarefacción, Curva de acumulación de especies, Chao 1, Chao 2, Índice de dominancia de Simpson, Índice de Equidad Shannon-Wiener.

- **Diversidad Beta (β):** El grado de recambio de especies (diversidad beta), ha sido evaluado principalmente teniendo en cuenta proporciones o diferencias. Las proporciones pueden evaluarse con ayuda de índices, así como de coeficientes que nos indican qué tan similares/disímiles son dos comunidades o muestras. Muchas de estas similitudes y diferencias también se pueden expresar o visualizar por medio de distancias. Estas similitudes o diferencias pueden ser tanto de índole cualitativa (utilizando datos de presencia-ausencia) como de carácter cuantitativo (utilizando datos de abundancia proporcional de cada especie o grupo de estudio; por ejemplo: número de individuos, biomasa, densidad relativa, cobertura, etc.). Los métodos para cuantificar la diversidad beta se pueden dividir en dos clases: de similitud-disimilitud y los de recambio/reemplazo de especies (IAVH, 2010).
- **Dominancia y Rareza:** esto también hace referencia a la estructura de la comunidad, haciendo parte característica de la diversidad. La dominancia es la abundancia de especies que se encuentran dentro de la comunidad, mientras que la rareza hace parte de las especies más escasas dentro de la misma, las especies raras son de gran importancia porque indican la porción más estable de la riqueza en la comunidad (Murcia-Castillo, 2014).

2.2. Diversidad íctica de la Orinoquía

En la actualidad, en la región neotropical es posible encontrar una variedad de ambientes acuáticos que ofrecen a la ictiofauna un sinnúmero de hábitats donde pueden desarrollarse; esto conlleva a una gran diversificación y variabilidad en el mismo. Algunos estimados consideran un total de 1435 especies de agua dulce en Colombia (Maldonado-Ocampo, Vari, & Usma, 2008) donde dichas especies están distribuidas dentro de 14 órdenes y 47 familias, dominado en su mayoría por el superorden *Ostariophysi* con 1234 especies (el 86 % de la fauna total), incluyendo los dos órdenes más diversificados de la ictiofauna continental colombiana, estos son los Characiformes, con 637 especies (44 % del total) y los Siluriformes con 524 especies (37 % del total).

Igualmente, otros órdenes con notable número de especies son los Perciformes, con 124 especies y los Gymnotiformes con 74; los restantes 10 órdenes tienen entre 1 a 35 especies. Las familias con más especies son *Characidae*, con 399 especies (27.5 % del total de especies); las *Loricariidae*, con 166 especies; las *Cichlidae*, con 114 especies; las *Pimelodidae* y las *Trichomycterida*, ambas con 54 especies. Las restantes 42 familias están representadas en Colombia por 1 a 52 especies (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008).

En la región de la Orinoquía, a lo largo de estos últimos 15 años se han realizado múltiples esfuerzos con el fin de enriquecer el conocimiento de la ictiofauna. En esta zona del país, “Romero *et al.* (2008) [...] Mojica (1999), registraron un total de 424 especies; por su parte, Maldonado-Ocampo (2004), 605 especies; Lasso *et al.* (2004b), 685 especies; Maldonado-Ocampo y Usma (2006) 619 especies” (Maldonado-Ocampo, Bogotá-Gregory, & Usma, 2009, p. 38); por último, el dato más actualizado de (DoNascimento *et al.*, 2017) registro un total de 653 especies. Esto quiere decir que de las 1.435 especies de peces de agua dulce actualmente registradas en el país, (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008), el 45,8 % (658) se encuentran distribuidas en la región de la Orinoquía colombiana. De este modo, se constituye a la fecha como la segunda región después de la transandina que posee mayor número de endemismos en peces de agua dulce.

2.3. Diversidad íctica de los ecosistemas de morichal

La ictiofauna de los ecosistemas de morichal se caracteriza por adaptarse fácilmente a los cambios constantes de los factores físico-químicos, por utilizar al máximo los recursos que les ofrecen y el aprovechamiento de los micro hábitats formados por la vegetación acuática para su supervivencia, lo cual define todos los componentes ecológicos de estas comunidades (Nakamura *et al.*, 2004 como se citó en Blanco-Belmonte, 2013). Así, los sistemas de morichal cumplen un importante rol desde el punto de vista tanto biológico puesto que definen muy bien a las especies ícticas. Sin embargo, es poca la investigación que se realiza al respecto, solo se han reconocido algunos documentos que resaltan su taxonomía y ecología y la composición de las especies (Antonio & Lasso 2003 como se citó en Blanco-Belmonte, 2013).

Como se ha visto, la diversidad y riqueza de estos ecosistemas es alta, esto se debe principalmente a la variedad de micro hábitats ofrecidos y el conjunto estructural del mismo, estos a su vez aportan un sinfín de material alimenticio (flores, frutos, insectos) y forman corredores ecológicos compuestos por dunas y valles que son propicios para los procesos de reproducción y refugio contra depredadores (Lasso *et al.* 2011 como se citó en Blanco-Belmonte, 2013).

2.4. Medidas de la Diversidad Alfa (α)

En general, la Diversidad alfa (ver Figura 1) puede ser explicada como la riqueza y abundancia relativa de especies en una unidad de estudio definida en tiempo y espacio (Magurran, 2004). A continuación se verán dichas medidas:

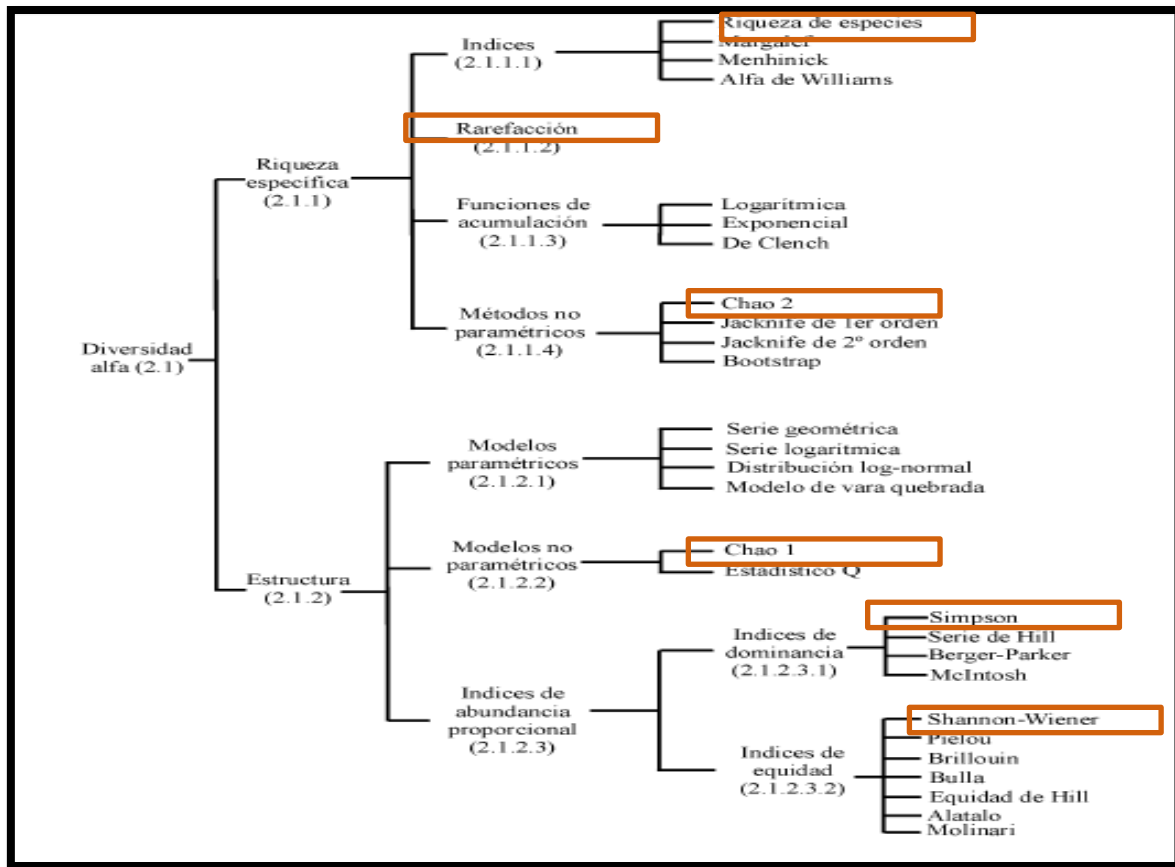


Figura 1. Métodos para la medición de la Diversidad Alfa (Recuadro demarcados con color rojo) que se ajuntan al área de estudio

Fuente: (Moreno, 2001, p. 24)

- **Riqueza específica (S).** “Es el número total de especies obtenido por el censo de una comunidad” (Moreno, 2001, p. 26). No se tiene en cuenta el grado de importancia de las especies.

La riqueza está dada de distintas formas: 1.

Riqueza numérica de especies dada así como el número de especies por un total número de individuos o biomasa y densidad de especies, determinada por un área o unidad (m^2). Riqueza absoluta, número de un grupo taxonómico en un área geográfica. De esta forma, se utilizan gráficos de acumulación de especies que permiten reconocer las nuevas especies en dichas áreas. (Magurran, 2004)

- **Rarefacción.** “Permite las comparaciones en el número de especies entre comunidades cuando el tamaño de la muestra no es igual” (Moreno, 2001, p. 28).

$$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

2.4.3. Métodos no paramétricos

Según Moreno (2001) “no asumen el tipo de distribución del conjunto de datos y no los ajustan a un modelo determinado, requieren solamente datos de presencia-ausencia” (p. 32).

- **Chao 2.** “Estima el número de especies esperadas, considerando la relación entre el número de especies únicas” (Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt [Instituto Humboldt], 2017, p. 190) en el tamaño de la muestra que para este caso se utiliza para pequeñas muestras.

$$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Figura 2. Chao 2

Fuente: (Moreno, 2011, p. 32)

2.4.4. Medición de la estructura

- **Chao 1.** “Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons)” (Instituto Humboldt, 2017, p. 191).

$$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$$

Figura 3. Chao 1

Fuente: (Moreno, 2001, p. 40)

2.4.4.1. Abundancia proporcional

(Valor de importancia que tiene cada especie dentro de la comunidad)

2.4.4.2. Dominancia de Simpson

“Muestra la proporcionalidad que dos individuos sacados al azar de una muestra sean de la misma especie” (Instituto Humboldt, 2017, p. 190).

Índice de Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Figura 4. Índice Simpson

Fuente: (Moreno, 2001, p. 41)

2.4.4.3. Uniformidad de Shannon-Wiener

“Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra (en términos de abundancias) teniendo en cuenta todas las especies de la muestra (Moreno, 2001, p. 43).

Figura 5. Índice de Shannon-Wiener

Fuente: (Moreno, 2001, p. 43)

Índice de Shannon-Wiener

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

2.5. Medidas de la Diversidad Beta (β)

Es “la diversidad entre hábitats, que representa el grado de reemplazamiento de especies o cambios bióticos a través de gradientes ambientales” (Magurran, 1988 como se citó en Moreno, 2001, p. 47). Esta diversidad se basa en proporciones y diferencias, las proporciones deben ser evaluadas con:

Índices de coeficiente de similitud, disimilitud o distancia entre las muestras a partir de datos cualitativos (presencia-ausencia de especies) o cuantitativos (abundancia proporcional de cada especie medida como número de individuos, biomasa, densidad, cobertura, etc.), o bien con índices de Diversidad Beta propiamente dichos. (Magurran, 1988; Wilson y Shmida, 1984 citados en Moreno, 2001, p. 47)

Las medidas de Diversidad Beta se clasifican según se basen en la disimilitud entre muestras o en el reemplazo propiamente dicho (ver Figura 6).

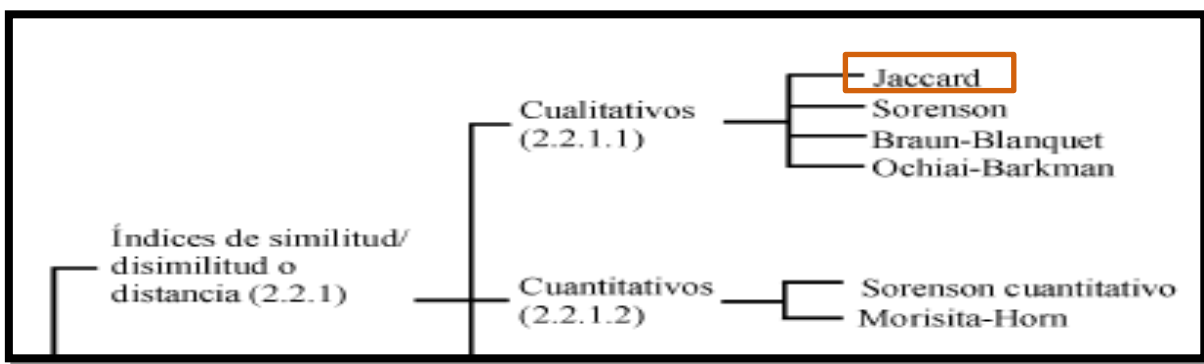


Figura 6. Métodos para la medición de la Diversidad Beta (recuadro demarcados con color rojo) que se ajuntan al área de estudio

Fuente: (Moreno, 2001, p. 49)

En el recuadro amarillo se indica el índice cualitativo de Jaccard que representa estadísticamente el grado en que las dos muestras puedan ser semejantes por las especies que presentan en las tres zonas escogidas para esta investigación.

Índices de similitud: se señala dónde dos muestras son semejantes por las especies que se encuentran en ellas, a lo que se refiere al cambio de las especies dentro de las dos muestras (Pielou, 1975 como se citó en Moreno, 2001).

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde

a = número de especies presentes en el sitio A.

b = número de especies presentes en el sitio B.

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B.

2.6. Aspectos ecosistémicos

En la Orinoquía los morichales constituyen en muchos casos la única fuente de agua permanente para la fauna de la sabana, así como para muchas comunidades humanas, en especial durante el periodo de sequía. Debido a su asociación directa con acuíferos de gran magnitud que mantienen los flujos de agua hacia el río de morichal todo el año, las agrupaciones de *M. flexuosa* garantizan la calidad y la cantidad de agua disponible para los ecosistemas terrestres circundantes. Esto es muy evidente en la altillanura colombiana y en los llanos de la formación Mesa en Venezuela. Por otro lado, la biodiversidad terrestre (reptiles, anfibios, aves y mamíferos) son elementos cinegéticos insustituibles. A esto se suman algunos invertebrados como el gusano de la palma o mojoyoy, por mencionar algunos de los beneficios o servicios ecosistémicos más resaltantes derivados de estos. (Lasso & Rial, 2013, pp. 25-26)

En la cuenca del Amazonas en particular, la cosecha del fruto representa un renglón alimenticio de gran importancia para las comunidades indígenas y la economía de las ciudades y pueblos amazónicos aledaños.

[Asimismo] su complejidad estructural (vertical y horizontal) se traduce en una amplia oferta de hábitats y microclimas, por ende, en cadenas tróficas ramificadas y complejas tanto terrestres como acuáticas. Las características fisicoquímicas de sus aguas y la

particularidad de su ictiofauna los convierten en lo que se ha denominado “Islas ictiogeográficas”, ampliamente reconocidas en la Orinoquía y la Amazonia colombo-venezolana por sus funciones ecológicas y su fragilidad, en esa medida, es preciso decir que los morichales y cananguchales están siendo destruidos por la actividad humana en muchos sectores de su área de distribución. Debe saberse que con su desaparición privarán de tres funciones irremplazables para el hombre a saber, reservas de agua, corredores de conservación de la biodiversidad y sumideros de carbono. (Lasso & Rial, 2013, p. 26)

2.7. Morichales

Los ecosistemas de morichal (ver Figura 3), se caracterizan por presentar, entre sus componente vegetales individuos de la palma de moriche *Mauritia flexuosa* en varios estados de desarrollo. En Colombia estos sistemas han sido poco estudiados, aunque se conocen algunas investigación en cuanto a lo que respecta en sus factores físico-químicos de aguas, caracterización de vegetación, estudios sobre fauna y estudios endobotánicos (Machado-Allison 2013)

Tales sistemas están a su vez constituidos por aguas transparentes y oligotróficas, y además, por materiales orgánicos disueltos en forma de humus, que le aportan la coloración café o verde oliva que poseen (Machado-Allison *et al.* 2013). Por otra parte, sus valores fisicoquímicos son los mismos que los de esas aguas negras acidas cuyo contenido de nutrientes es bajo, son aguas frías y circundantes con oxígeno variable, de fondos profundos arenosos y arcillosos, de esta manera permiten a la vegetación acuática, flotante y sumergida sostenerse (ver Figura 3) (Marrero *et al.*, 1997 como se citó en Mesa & Lasso, 2013).

Por otra parte, los morichales albergan una alta diversidad íctica debido a la acumulación del material vegetal, a la baja cantidad de nutrientes y al material alóctono (frutos, flores, semillas, hojas) que caen constantemente del bosque, estos son arrastrados por aguas lluvias (Cabre & Lasso, 2003; Marrero *et al.*, 1997; Nakamura, 2000 como se citó en Machado-Allison *et al.*, 2013), haciendo que los peces puedan adaptarse y acceder a todo ese recurso (Machado-Allison *et al.*, 2013). Además, se benefician de la complejidad de sustratos (fango, arena, hojarasca, lodo) y una variedad de microhábitats (plantas sumergidas, de fondo, flotantes, emergentes,

troncos caídos) que los hacen funcionales en cuanto a la reproducción, protección y alimentación propia (Nakamura, 2000 como se citó en Machado-Allison *et al.*, 2013).



Figura 7. Ecosistema de morichal hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: toma propia

2.8. Vegetación acuática

Si bien los morichales de la región de la Orinoquía colombiana se desarrollan en el misma área geográfica, estos sistemas se diferencian por presentar una variedad en los ecosistemas acuáticos debido a que ecológicamente estos son diversos (Marrero *et al.* 1997 como se citó en Mesa & Lasso, 2013). En ese sentido, Camargo-Cuevas (2003) hizo una breve caracterización de los subsistemas acuáticos pertenecientes a este ecosistema (ver Figura 4) que puede describirse en este punto.

- **Macrófitas flotantes:** este microhábitat se forma en una pequeña vega que se inunda hasta alcanzar una profundidad de 30 cm aproximadamente; aquí la lámina de agua está cubierta en un 80% por macrófitas flotantes y emergentes; por su parte, aunque hay mucha vegetación en las orillas, hay incidencia de luz que permite el establecimiento de macrófitas. Por otra parte, por su ubicación tiene varias zonas de entrada, permitiendo el fácil acceso de los peces. Según Marrero y Machado-Allison (1990), este es uno de los biotopos más importantes de las áreas inundables

del llano pues las plantas flotantes proporcionan protección y bastante alimento debido a la microfauna que habita entre sus raíces.

- **Plantas semiacuáticas:** este microhábitat tiene amplia distribución en gran parte del ecosistema de morichal, de hecho es la especie con mayor predominancia en él. Del mismo modo, se encuentra asociada con otras especies, como las gramíneas y las raíces de la palma *Mauritia flexuosa*.

- **Gramíneas:** estas especies tienen una altura entre los 40 y 50 cm aproximadamente. Dicho ecosistema tiene un flujo de agua en el que hay una zona de entrada y otra de salida. Estas especies forman un microhábitat en la zona de entrada de agua y sobre la orilla del centro del morichal. En la zona de entrada de agua las gramíneas están junto a otras especies vegetales, como Melastomataceas, Pterófitos y *Mauritia flexuosa*, entre otras.

Centro del morichal: este ecosistema tiene una dinámica hídrica muy baja y su profundidad máxima es de 0,70 metros; el fondo está constituido por una capa gruesa de material orgánico en descomposición (como hojas y frutos del moriche, entre otros) formando una coloración ferrosa.

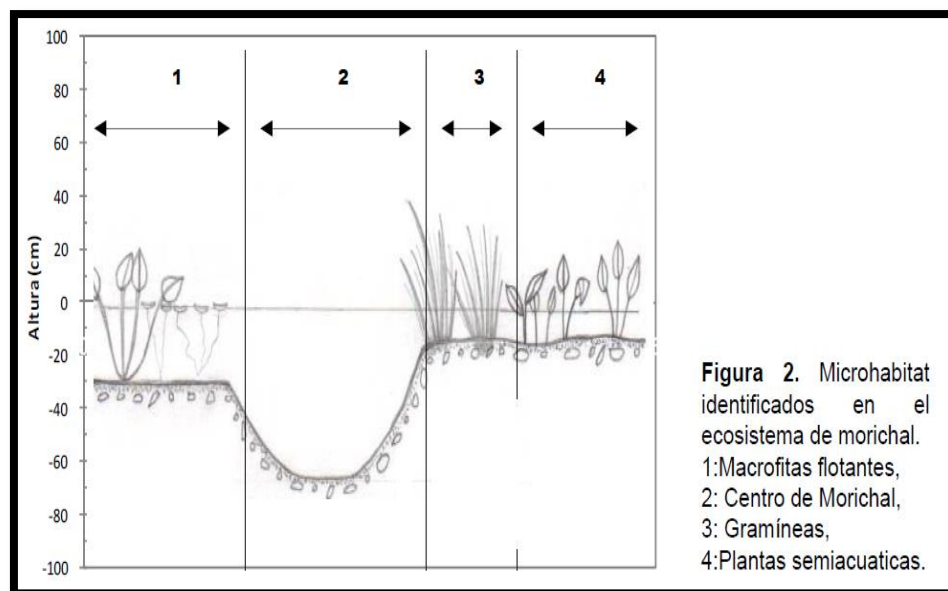
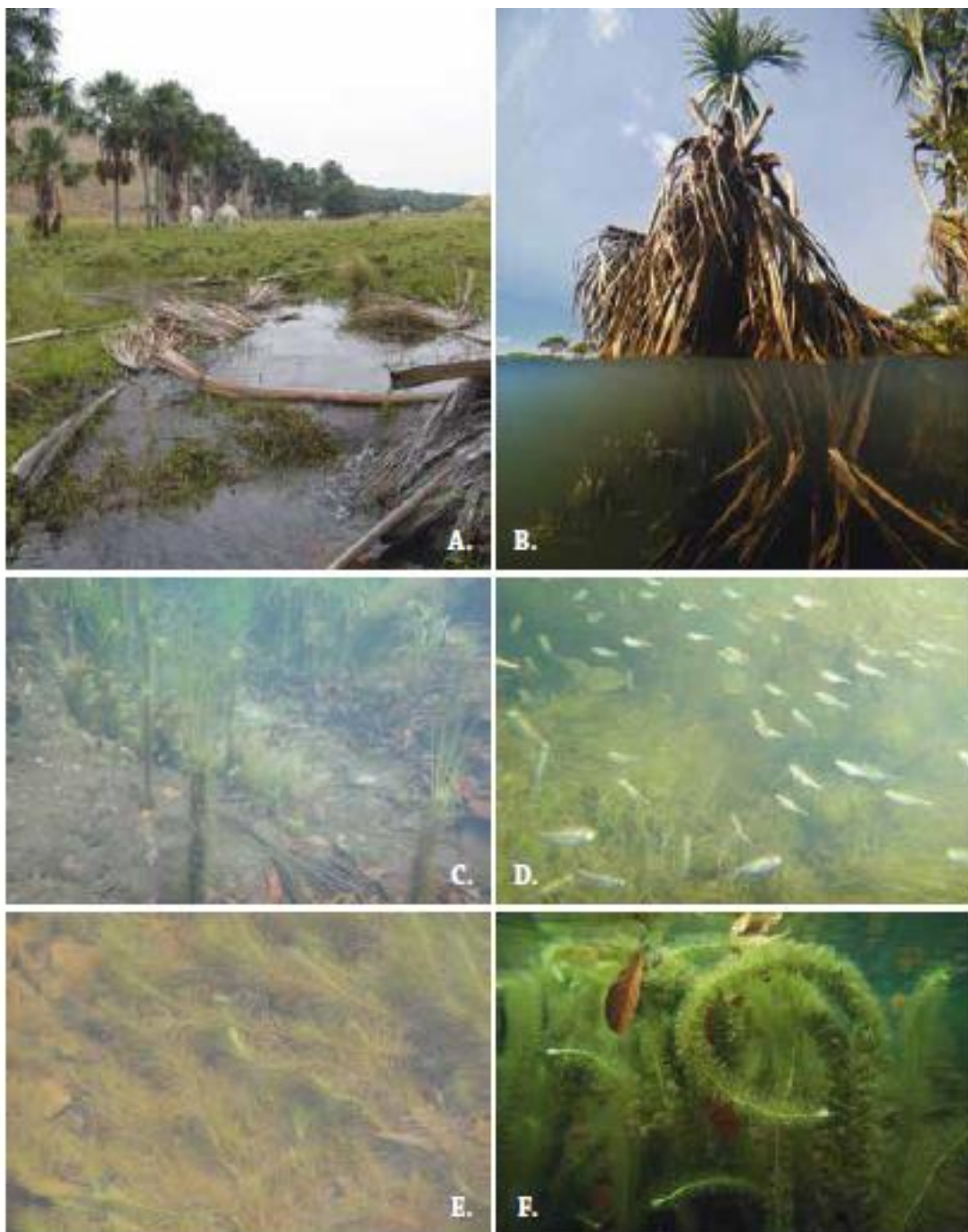


Figura 2. Microhábitat identificados en el ecosistema de morichal.
1:Macrófitas flotantes,
2: Centro de Morichal,
3: Gramíneas,
4:Plantas semiacuáticas.

Figura 8. Vegetación acuática de un ecosistema de morichal

Fuente: (Camargo-Cuevas, 2003)



Nota: A. Morichal abierto; B. B) hojas de palma sumergidas. Foto: I. Mikolji; C) fondo de un río típico de morichal. Foto: I. Mikolji; D) cardúmen de *Hemigrammus* sp. Entre la vegetación acuática sumergida. Foto: I. Mikolji; E) columna de agua cubierta por la planta *Mayaca* sp. (Mayacaceae). Foto: L. Mesa; F) detalle de *Mayaca* sp., especie de hábitats sumergidos muy importante como refugio para los peces. Foto: I. Mikolji. (Machado-Allison et al., 2013, p. 300)

Figura 9. Microhábitats de un ecosistema de morichal

Fuente: (Machado-Allison et al., 2013, p. 300)

3. Antecedentes

La cuenca del Orinoco representa aproximadamente la tercera parte de la zona continental del país, con un total de 350.000 km² (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 1999). Administrativamente comprende los departamentos de Arauca, Meta, Tomo, Vichada, Guaviare e Inírida (IGAC, 1999). Esta compleja e intrincada red hidrológica presenta gran variación en cuanto a las condiciones fisicoquímicas de sus aguas como resultado de los suelos que las drenan. Así, se encuentran según Sioli (1984), ríos de aguas negras (río Inírida), claras (ríos Tomo, Tuparros, Vichada) y blancas (Arauca, Meta, Guaviare). Toda esta región se encuentra regida por un ciclo climático anual en el que se presenta un periodo de sequías o verano, por un lado, y un periodo de invierno o lluvioso, por otro. A pesar de contar con dichas características, la cuenca del Orinoco es una de las menos estudiadas (Ballén, 2012). Hasta el momento existe un reporte de 59 especies, cuya baja diversidad es notable. Lo registrado hasta el momento se encuentra en las colecciones de la región baja de la subcuenca.

Asimismo Ballén (2012) reportó la diversidad íctica en caños, ríos, lagunas y algunos morichales en el hato Los Cachorros, incluido en el estudio titulado “Evaluación de la flora y la fauna de la reserva, hato Los Cachorros en el municipio de Puerto Gaitán, Meta” en el capítulo 5.

[Cabe anotar que] esta subcuenca es adyacente a los ríos Tomo y Guaviare con 282 y 94 especies comparativamente (Lasso *et al.* 2004; Maldonado-Ocampo *et al.* 2006), este número de especies de peces es muy bajo para la riqueza que existe en la subcuenca. Uno de los ejemplos más específicos para la riqueza fue demostrado en la investigación en el río Tomo, de igual manera, Lasso *et al.* (2004) reportaron 73 especies, mientras que Maldonado-Ocampo *et al.* (2006) encontraron 282 tras la ejecución de trabajo de campo en la porción baja de la subcuenca. (Ballén, 2012)

Esto demuestra que la riqueza en la cuenca no es baja sino que se ve reflejada la falta de investigación sobre la ictiofauna presente.

Es oportuno manifestar que en la zona de estudio hasta el momento no se ha registrado estudios de ictiofauna asociada a los ecosistemas de morichal. En definitiva, en Colombia, particularmente en la Orinoquía colombiana, como se mencionó en el estudio de Lasso, Rial y González-B (2013) en el libro VII “Morichales y cananguchales de la Orinoquía y Amazonia:

Colombia-Venezuela”, no se cuenta con trabajos ictiológicos exclusivos para este tipo de ecosistemas; únicamente ha sido objeto de estudio la calidad de sus aguas y el estado de su conservación en el trabajo de Gutiérrez, Pulido, García, Rojas y García (2010) titulado “Evaluación del recurso hídrico de una microcuenca para el diseño de un esquema de compensación o pago por servicios ambientales”.

4. Pregunta de investigación

¿Es importante aportar al conocimiento de la ictiofauna regional identificando y caracterizando la comunidad de peces asociados a los ecosistemas de morichal en un periodo de aguas bajas en el Hato los Cachorros Puerto Gaitán, Meta Colombia?

5. Justificación

En principio se debe decir que los ecosistemas de morichal establecen un amplio valor ecológico y biológico, cuya importancia radica en la protección, refugio, alimentación y reproducción de las especies que en ellos habitan; estos se caracterizan por tener aguas permanentes (Ponce *et al.* 2000 como se citó en Pérez & Mijares, 2013), con un alto almacenamiento de materiales orgánicos (Freitas *et al.* 2006 como se citó en Isaza, Galeano, & Bernal, 2013), como fuente de recursos para cientos de especies acuáticas (Aquino, 2005 como se citó en Pérez & Mijares, 2013). Es por ello que dichos ecosistemas están siendo recientemente focos de investigación dado que en la actualidad son reconocidos por el Fondo Nacional de la Conservación como uno de los ocho ecosistemas más estratégicos para la humanidad (Ramírez-Gil & Ajiaco-Martínez, 2004). A pesar de ello, es poco el conocimiento que se tiene acerca de la estructura y composición de las comunidades ícticas pertenecientes a este ecosistema, en especial, en el área de la Orinoquía colombiana.

Asimismo, la zona de estudio es especialmente interesante por varios motivos. En primera instancia, según Ballén (2012) en esta área solo se ha realizado un estudio de la ictiofauna en sistemas de caños y ríos en cuanto a distribución, estrategias de vida, diversidad, y ese está asociado a la cuenca del Vichada. En segunda instancia, es un lugar donde no existe colección de peces, lo que impide tener un conocimiento confiable sobre esta región de la altillanura en Colombia; por todo ello existen todavía vacíos en la información de los ecosistemas de morichal para la cuenca del Orinoco en Colombia. En tercer lugar, hay que destacar que el área de estudio cuenta con un fuerte impacto antrópico en cuanto a industria petrolera. La ictiofauna de la altillanura presenta una composición mixta entre componentes Guyanés y de los llanos al Este del río Meta, lo que la hace un área de particular interés biogeográfico. Adicionalmente, la Orinoquía y en especial el municipio de Puerto Gaitán se caracteriza por presentar altos niveles

en diversidad de peces ornamentales que son extraídos principalmente de los ecosistemas de morichal (Mancera-Rodríguez & Álvarez -León, 2008).

Por lo anterior, el presente estudio permitió caracterizar preliminarmente la ictiofauna asociada al ecosistema de morichal, evaluando la diversidad, la riqueza, dominancia y la similitud entre las comunidades.

6. Objetivos

6.1. Objetivo general

- Caracterizar la ictiofauna asociada a los ecosistemas de morichal en un periodo de aguas bajas en el Hato Los Cachorros en Puerto, Gaitán, Meta-Colombia.

6.2. Objetivos específicos

- Identificar las especies presentes en los ecosistemas de morichal.
- Describir y comparar la Diversidad Alfa de las comunidades icticas asociadas a ecosistemas de morichal con influencia en las tres zonas muestreadas.
- Analizar la Diversidad Beta de las comunidades icticas asociadas a ecosistemas de morichal con influencia en las tres zonas muestreadas.
- Elaborar un folleto ecológico de las especies encontradas en el ecosistema de morichal

7. Métodos

7.1. Caracterización del área de estudio

El paisaje característico de la zona de estudio corresponde a colinas con drenaje moderado de la altillanura disectada (Molano, 1998), suelos arcillosos con baja fertilidad y alta concentración de aluminio no aptos para el crecimiento de vegetación boscosa, excepto en zonas asociadas a cauces de agua pequeños o reservorios (Rosales, Suárez, & Lasso, 2010).

Este paisaje se desarrolla en sabanas que clásicamente se conocen como sabanas altas y sabanas secas o estacionales (Hernández *et al.* 1992; Sarmiento, 1990 citados en Acosta-Galvis, Señaris, Rojas-Runjaic, & Riaño-Pinzón, 2010), desarrollándose biota característica de sabanas inundables de la Orinoquía (también asociado al Anfobioma de Arauca, Casanare, según Romero *et al.* (2004) como se citó en Fernández *et al.*, 2010), vegetación amazónica y vegetación asociada a formaciones del Escudo Guayanés. Es esta una de las regiones con mayor importancia biológica.

Asimismo, la zona se clasifica como húmeda de acuerdo al IGAC (2002); Herrera (2009); este tipo de terrenos está caracterizado por precipitaciones (ver Figura 10), entre 1.800 mm y 2.600 mm anuales (Herrera, 2009). Además, está compuesto por un régimen de precipitación monomodal biestacional donde los meses menos lluviosos corresponden a enero y febrero, mientras que los de mayor precipitación son abril y octubre (ver Figura 10). Los valores de la Figura 10 corresponden a los promedios mensuales obtenidos en la estación de Puerto Gaitán. La precipitación media anual total registrada en esta estación fue de 2183 m.

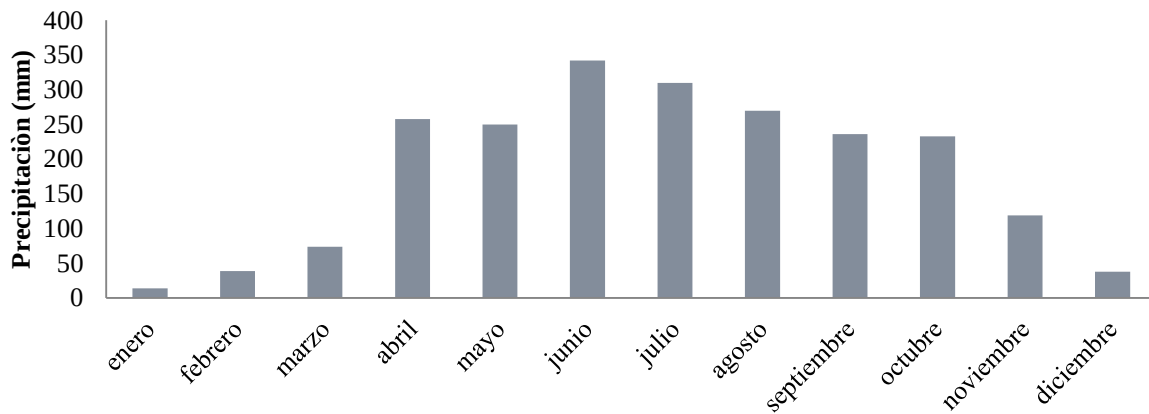


Figura 10. Patrón de precipitación media mensual (1990-2014) registrado en la Estación Puerto Gaitán, Meta

Fuente: elaboración propia con base en Herrera (2009)

La temperatura promedio (ver Figura 11) es superior a los 26.3 °C. El municipio de Puerto Gaitán está sobre el piso climático cálido y según el sistema de Koeppen y Gerger, el clima de la altillanura de la Orinoquía colombiana se clasifica como cálido de sabana (Herrera, 2009).

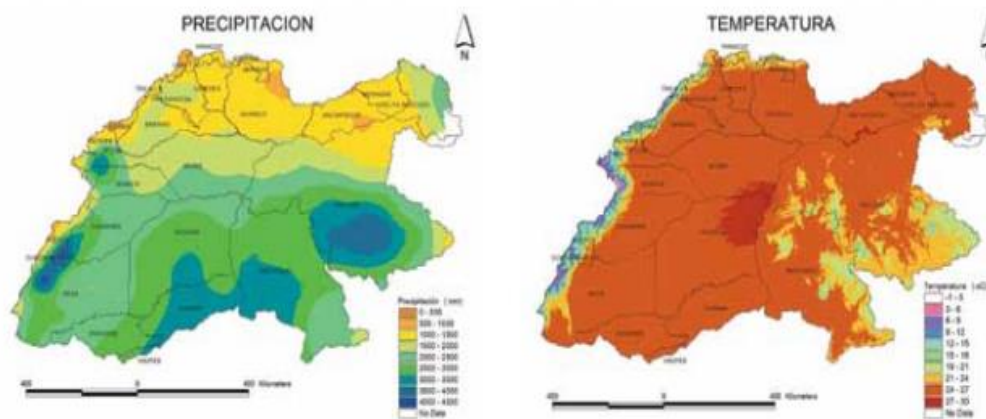


Figura 11. Precipitaciones y temperaturas anuales de la cuenca del Orinoco

Fuente: (Rosales *et al.*, 2010, p. 63)

7.2. Área de estudio

El Hato Los Cachorros pertenece a la vereda Los Kioscos del municipio de Puerto Gaitán, Meta, Colombia (ver Figura 9). Se ubica a 3° 46' 12" Norte 71° 58' 12" Este. Esta finca cuenta con un área total de 17.727 hectáreas. Dicha área se denomina según Rosales *et al.* (2010) como llanura alta (altillanura) no inundable, esta se encuentra cerca de la cabecera del río Tillavá, el cual recorre el municipio de Puerto Gaitán de suroeste a sureste, y junto con el río Planas, forman el río Vichada (ver Figura 15). La subcuenca del río Tillavá cubre una superficie de 6.910,8 km² (Herrera, 2009).

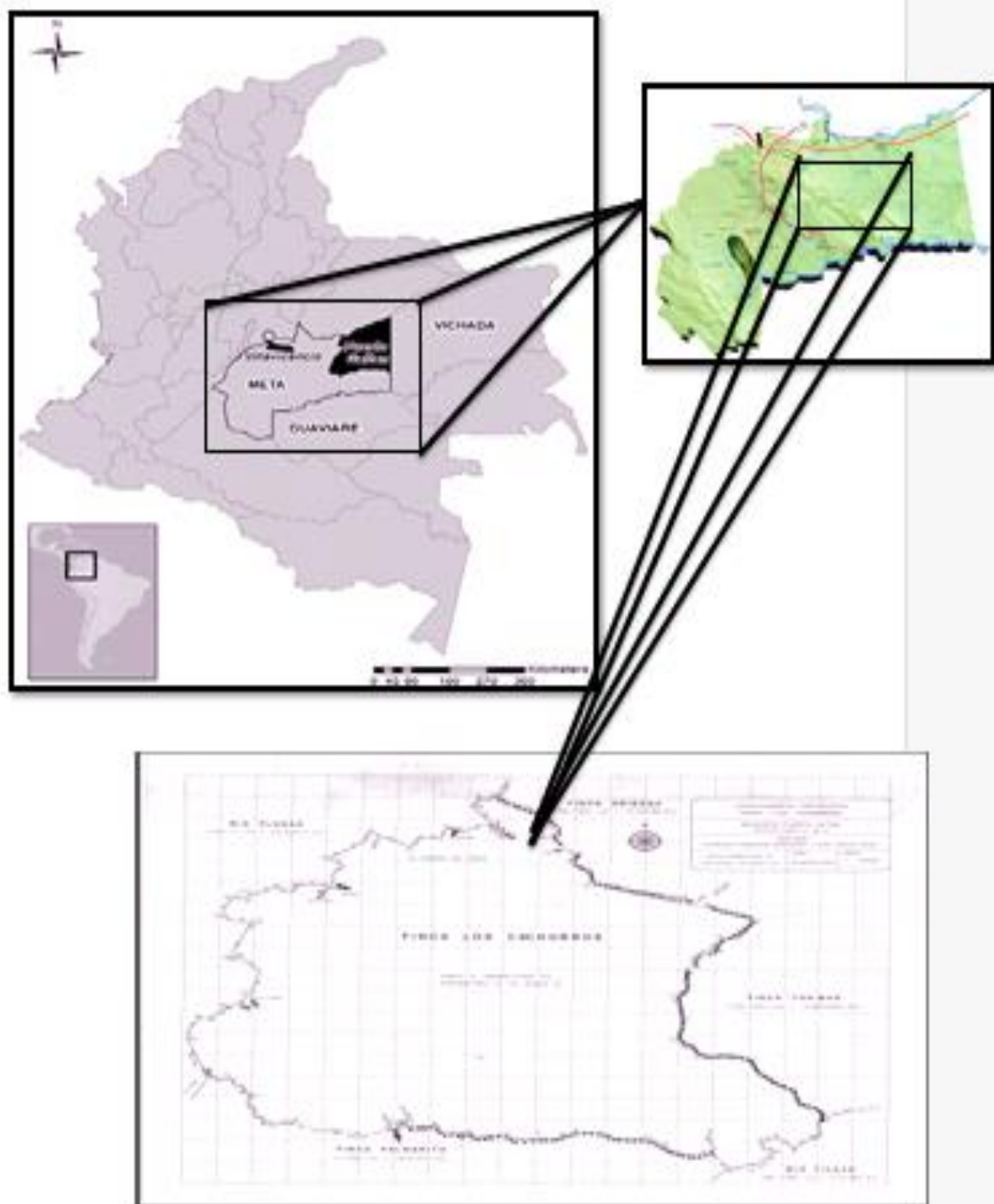


Figura 12. Ubicación geográfica del hato Los Cachorros, vereda Los Kioskos, municipio de Puerto Gaitán, en Meta, Colombia

Fuente: (IGAC 2000)

7.3. Fase de campo

7.3.1. Morichales de la zona de estudio

Los morichales ocupan un área de 4.15391 hectáreas en este predio. Esto se caracterizan por la conexión con bosques riparios o de galería presentes entre los ríos Tillavá y Planas y rodeados por carretera, donde se realizó un inventario de 32 morichales en tres zonas: los morichales con influencia del río Tillavá (8), los morichales con influencia del río Planas (10) y los morichales que están distribuidos a lado y lado de la carretera (14), entre los meses de junio y julio del 2013, que correspondió a una época de aguas bajas (ver Figura 12).



Figura 13. Morichales. Hato Los Cachorros. Puerto Gaitán (Orinoquía, Colombia)

Fuente: toma propia

7.3.2. Técnicas

Se tomó como base la metodología propuesta por Maldonado-Ocampo *et al.* (2009) con algunas modificaciones, el cual consistió en establecer a lo largo de cada morichal un transecto de 100 metros (ver Figura 14) subdividido en cuadrantes de 25 centímetros demarcados con un letra seguida por un número (A+#) en cada uno de ellos se aplicaron las cuatro técnicas (atarraya, anzuelo, red de arrastre, jama). Finalmente, se tomaron en cada sitio de muestreo, coordenadas geograficas mediante el equipo de posesionamiento (GPS) con el fin de ocupar la mayor cantidad de área posible con el fin de corroborar teóricamente el hábitat que ocupan las comunidades ícticas.

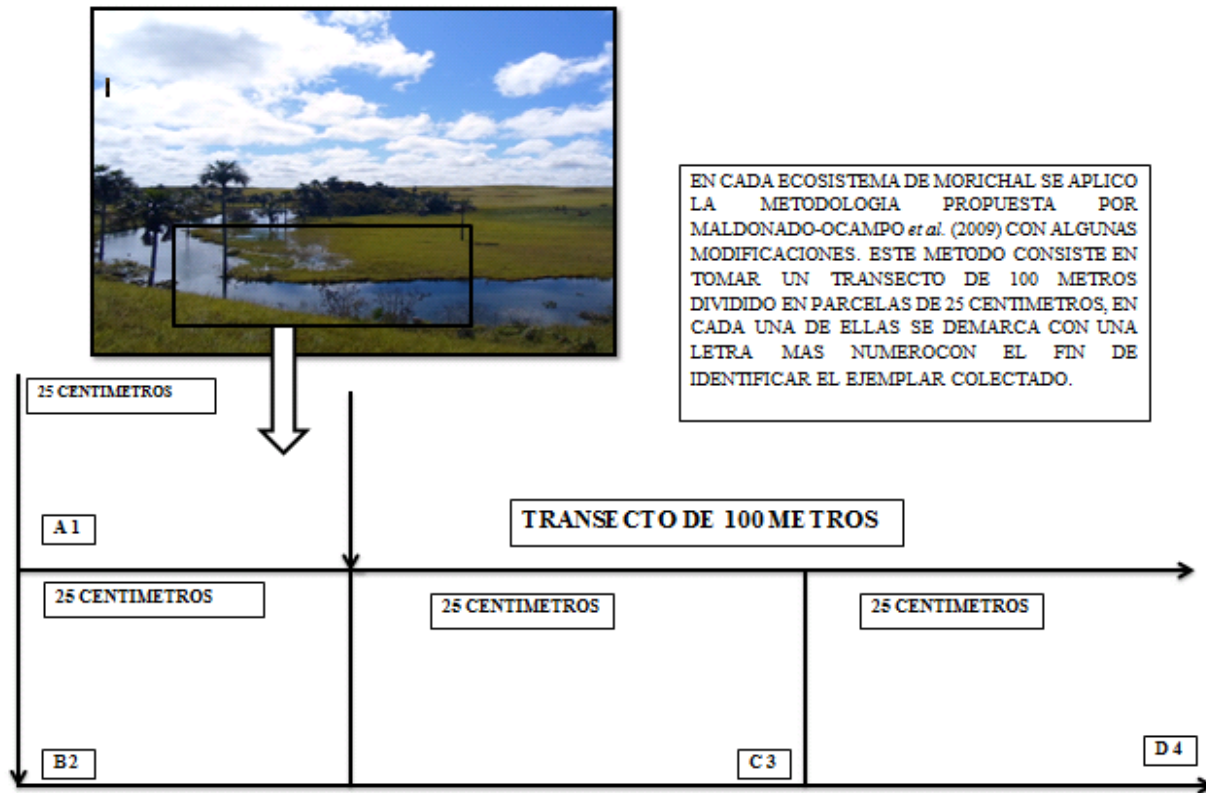
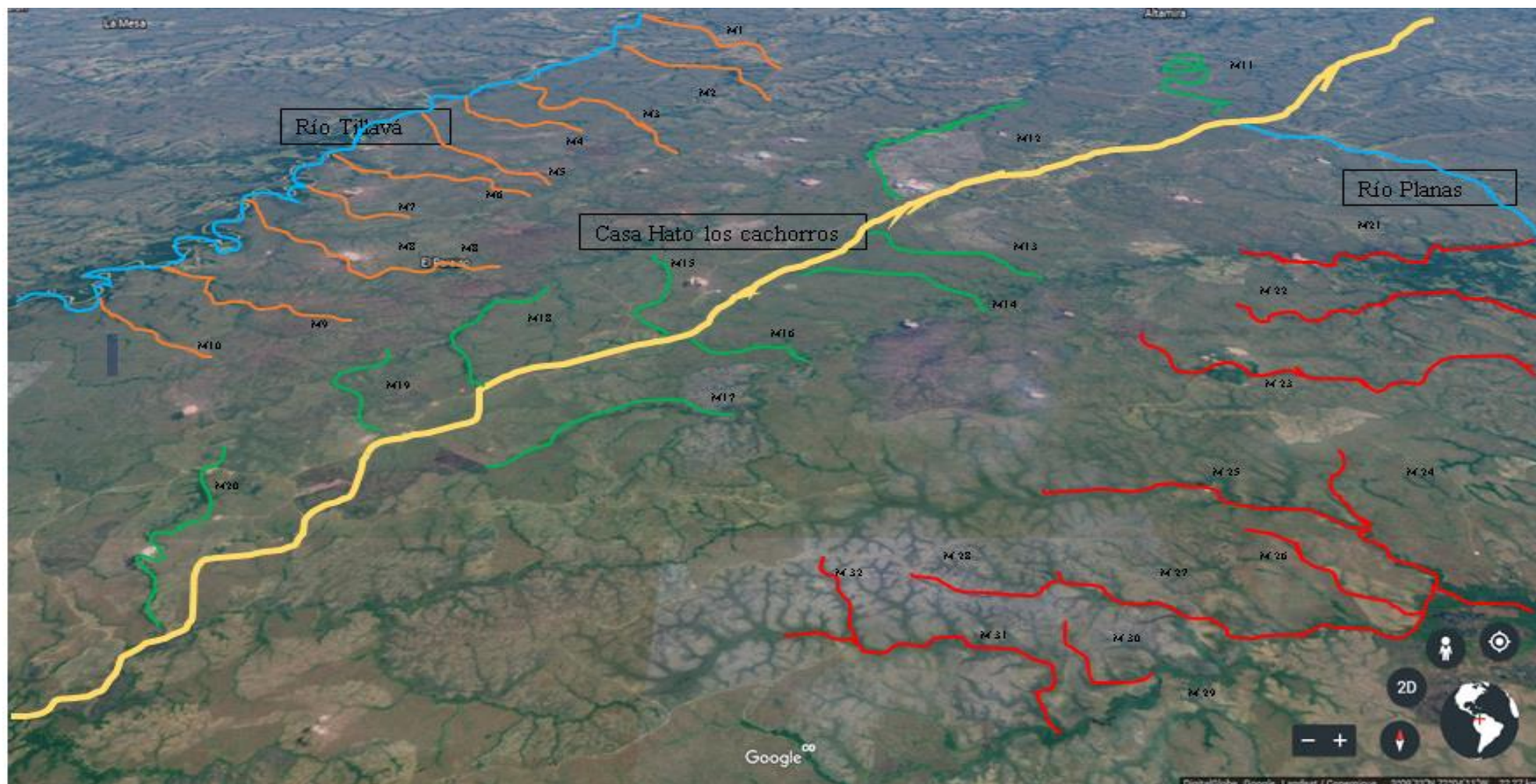


Figura 14. Representación gráfica del método utilizado en campo en cada ecosistema de morichal

Fuente: toma propia



Nota: Morichales con influencia al río Tillavá (Líneas Color naranja), morichales con influencia a la carretera (Líneas de color verde) y los morichales con influencia al río Planas (Líneas color rojas), línea amarilla representa la carretera. Los sombreados de color negros son áreas muestreadas en cada morichal. Hato lo cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia).

Figura 15. Zonas de Muestreo

Fuente: elaboración propia con base en Google Earth (s.f.)

7.3.3. Captura de la ictiofauna

Ahora bien, para la captura de los peces se utilizaron cuatro artes de pesca: 1) Atarraya (ojo de malla de 3 cm de diámetro); asimismo, se realizaron tres lances por parcela para un total de 12 lances por morichal. 2) Red de arrastre (4 m de largo por 2 m de alto y ojo de malla de 0,1 mm); un arrastre por parcela para un total de cuatro arrastres por morichal. 3) Anzuelo de 0,2 hasta 0,25 mm, por sitio para un total de 15 minutos en cada uno de los morichales. 4) Redes de mano (jamas), que consisten en un aro de aluminio y una bolsa de anjeo de ojo de malla de 6 mm, haciendo un arrastre en las orillas, realizando cuatro “jameos” por sitios en cada una de las orillas para un total de 16 “jameos” por morichal. Los peces capturados fueron fijados directamente en campo con solución de formalina al 10 %. Luego, se realizó un registro fotográfico de algunas de las especies colectadas en campo pero también se utilizaron algunas fotografías de catálogos electrónicos. Los peces fueron transportados en bolsas de sello hermético, a las cuales se les anexó una etiqueta de campo con los datos del nombre del morichal, así como su fecha y colector (ver Figura 16).

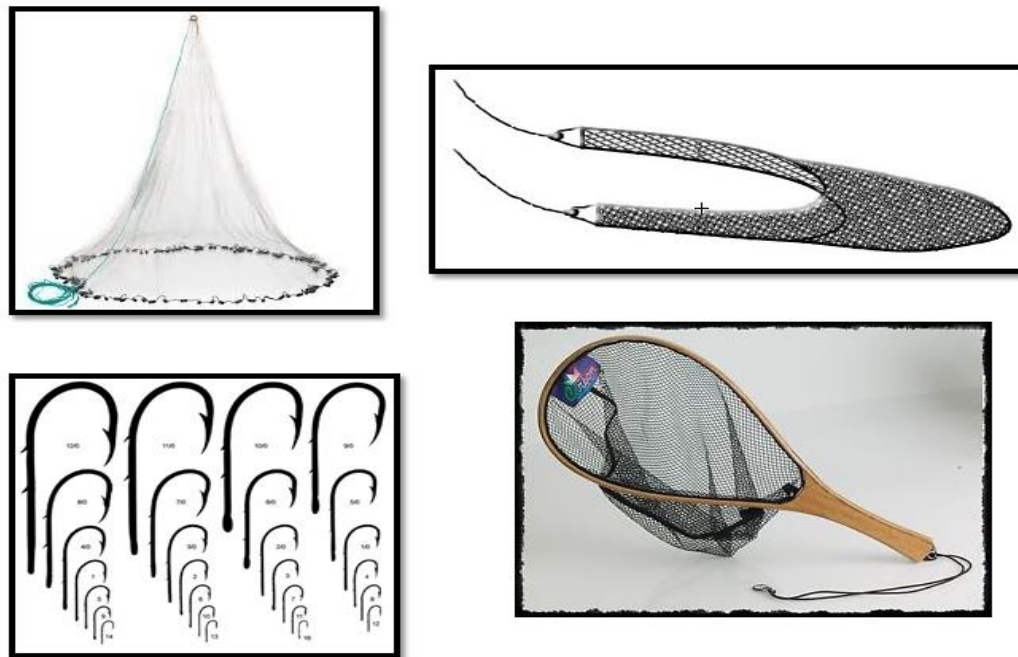


Figura 16. Artes de pesca utilizadas en cada uno de los morichales

Fuente: elaboración propia

7.4. Fase de laboratorio

7.4.1. Curatoría del material

El material fue transportado a un campo abierto en el municipio de Duitama, Boyacá, con el fin de que fueran lavados posteriormente; luego se preservaron en alcohol al 70 % para su identificación taxonómica.

Para la clasificación taxonómica a nivel de orden fueron utilizadas las siguientes claves taxonómicas: Buckup (2004); Maldonado-Ocampo *et al.*, (2005). Para su clasificación taxonómica a nivel de familias se utilizaron: Taphorn (2011); Taphorn (2003); Urbano-Bonilla y Taphorn D (2005); Urbano-Bonilla (2008), y finalmente, para la clasificación taxonómica de género y especies se utilizaron: Taphorn (2011); Taphorn (2003); Machado-Allison (2002); García, Roman y Taphorn (2008); Kullander y Silfvergrip (1991); Lasso y Machado- Allison (2000); Lasso *et al.*, (2011); López-Fernández y Winemiller (2003); Oyakawa y Mattox (2009); Buckup (2004); Palencia (1995); Ramón-Valencia (2005); Galvis *et al.* (2007); Maldonado-Ocampo (2001); Damaso, Ipuchima, y Santos (2009); Ramírez-Gil, Carrillo, Lacera y Ajiaco-Martínez (2001) Esta clasificación taxonómica fue corroborada hasta familia por el docente Javier Maldonado.

Finalmente, el material fue revisado en el laboratorio de ictiología de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, donde se encuentra allí sin codificación hasta la fecha.

7.5. Análisis de los datos

7.5.1. Representatividad de muestreo

Con el fin de determinar la representatividad de los muestreos realizados, se calcularon los estimadores de riqueza Chao 1, ACE, estimadores utilizados cuando se obtienen datos de abundancia. Para el cálculo se utilizó el paquete estadístico Estimates versión 9.1.0 (Colwell, Mao, & Chang, 2004), usando “cada uno de los transectos evaluados en cada hábitat como una unidad de muestreo; estos estimadores permiten establecer si la muestra es representativa del atributo medido” (Álvarez *et al.* 2006 como se citó en López, 2013, p. 49).

7.5.1.1. Índices de Diversidad Alfa (α)

- **Índices de riqueza específica**

Para el análisis de los datos se utilizó el programa Estimates 9.1.0 Colwell (2004) determinando la riqueza de especies (S observado) la diversidad de la comunidad íctica y la curva de acumulación de especies de los morichales del hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Orinoquía, Colombiana) para esto se utilizaron cuatro estimadores, ACE, Chao1, ICE y Chao2, como se muestra a continuación:

- **ACE; Chao 1: estimadores cuando se obtienen abundancias.**
- **ICE; Chao 2: estimadores de presencia/ausencia.**

$Chao\ 1 = S + \frac{a^2}{2b}$	$Chao_2 = S + \frac{L^2}{2M}$ donde: L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies “únicas”) M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras
--------------------------------	--

Figura 17. Índices de riqueza específica

Fuente: (Moreno, 2001)

Es un estimador del número de especies en una comunidad basado en el número de especies raras en la muestra (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Smith y van Belle, 1984 citados en Moreno, 2001). S es el número de especies en una muestra, a “es el número de especies que están representadas solamente por un único individuo en esa muestra (número de “singletons”) y b es el número de especies representadas por exactamente dos individuos en la muestra (número de “doubletons”)” (Colwell, 1997; Colwell & Coddington, 1994 citados en Moreno, 2001, p. 40).

Para estos estimadores es posible calcular también un estimador de la varianza (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Lee y Chao 1994; Smith y van Belle, 1984 citados en Moreno, 2001). En consonancia, Colwell y Coddington (1994) como se citó en Moreno (2001) encontraron que “el valor de Chao 2 provee el estimador menos sesgado para muestras pequeñas” (p. 32).

Dichos estimadores se basan primordialmente en el número de especies en los sitios o zonas de muestreo que solo estuvieron representados por uno o dos individuos, como es el caso de las abundancias (denominándose singletons (singulares) y doubletons (dobles) en el programa), registrándose en una o dos muestras, en el caso de presencia/ausencia (uniques (únicas) y duplicates (duplicas). Por lo anterior, se sabe que en los ecosistemas existen poblaciones con especies singulares y únicas que se obtienen en el muestreo, lo que indica que no se obtuvo un número suficiente de individuos o repeticiones suficientes (Moreno, 2001).

- **Rarefacción**

Este índice permite hacer las comparaciones del número de especies entre comunidades cuando el tamaño de las muestras no es igual. Según Moreno (2001) “Calcula el número esperado de especies de cada muestra si todas las muestras fueran reducidas a un tamaño estándar” (p. 28).

$$E(S) = \sum 1 - \frac{(N - N_i)/n}{N/n}$$

donde:

$E(S)$ = número esperado de especies

N = número total de individuos en la muestra

N_i = número de individuos de la i ésima especie

n = tamaño de la muestra estandarizado

Figura 18. Rarefacción

Fuente: (Romero, 2001, p. 28)

7.5.1.2. Índice de Diversidad

7.5.1.2.1. Índice de Shannon-Wiener (H)

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \quad \gamma \quad \sum p_i = 1$$

Donde:

Pi = abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Así se asume que todas las especies están representadas en las muestras y que todos los individuos fueron muestreados al azar. Puede adquirir valores entre cero (0) cuando hay una sola especie y el logaritmo de S cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos. Puede verse fuertemente influenciado por las especies más abundantes (Moreno, 2001).

7.5.1.2.2. Índices de dominancia

- **Índice de Simpson**

$$\lambda = \sum (n^2 / N^2) = \sum p_i^2$$

Donde:

Pi = abundancia proporcional de la especie i, lo cual implica obtener el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2001).

7.5.1.3. Índices de Diversidad Beta (β)

- **Índice de Jaccard.** Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Instituto Humboldt, 2017)

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

Donde:

a = número de especies en el sitio A

b = número de especies en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B, es decir que están compartidas

El rango de este índice va desde cero (0) cuando no hay especies compartidas, hasta uno (1) cuando los dos sitios comparten las mismas especies. Este índice mide diferencias en la presencia o ausencia de especies.

Figura 19 índice de Jaccard

Fuente: (Instituto Humboldt, 2017, p. 202)

7.6. Folleto Ecológico de especies

Para esos efectos, se elaboró un catálogo de las especies ícticas asociadas a los ecosistemas de morichal encontradas en el área de estudio, estas son:

1. Fotografía de laboratorio o fotografía de catálogo electrónico.
2. Clasificación taxonómica.
3. Nombre común.
4. Características generales
5. Aspectos reproductivos.
7. Alimento.
8. Hábitat.
9. Distribución.
10. Referencia bibliográfica.

8. Resultados

8.1. Representatividad del muestreo

Según el estimador de riqueza (ver Figura 20) se evidenció que durante el muestreo el número de especies (sobs) correspondieron al 50 % de las que se esperaban, es decir 25 especies en total. Por lo tanto, fue posible utilizar los datos registrados para hacer comparaciones de diversidad y riqueza entre los cuerpos de agua, esto en la medida en que esos resultados indican una excelente representatividad de las especies de peces que se encontraban en el área de estudio.

8.2. Índices de Diversidad Alfa (α)

8.2.1. Riqueza específica

8.2.1.1. Curva de acumulación de especies

La eficiencia del muestreo se evaluó por medio de una curva de acumulación de especies, y ello utilizando los cuatro estimadores de riqueza (ver Figura 20), donde se pudo apreciar que la curva de las especies colectadas ($S=36$) tendía a la asíntota después del morichal 27, y exhibía un comportamiento similar al de los estimadores; es preciso destacar que la mejor eficiencia se obtuvo frente a ACE (89,35 %), seguido de Chao 2 (89,04 %), luego de ICE (87,70 %) y por último, Chao 1 (80 %). En promedio la eficiencia estuvo en 85,5 % de las especies estimadas pues de las 57 especies esperadas, según la proyección de la gráfica se reportaron 36, lo que indica que el muestreo permitió recolectar un número de especies representativas de los morichales en la zona de estudio.

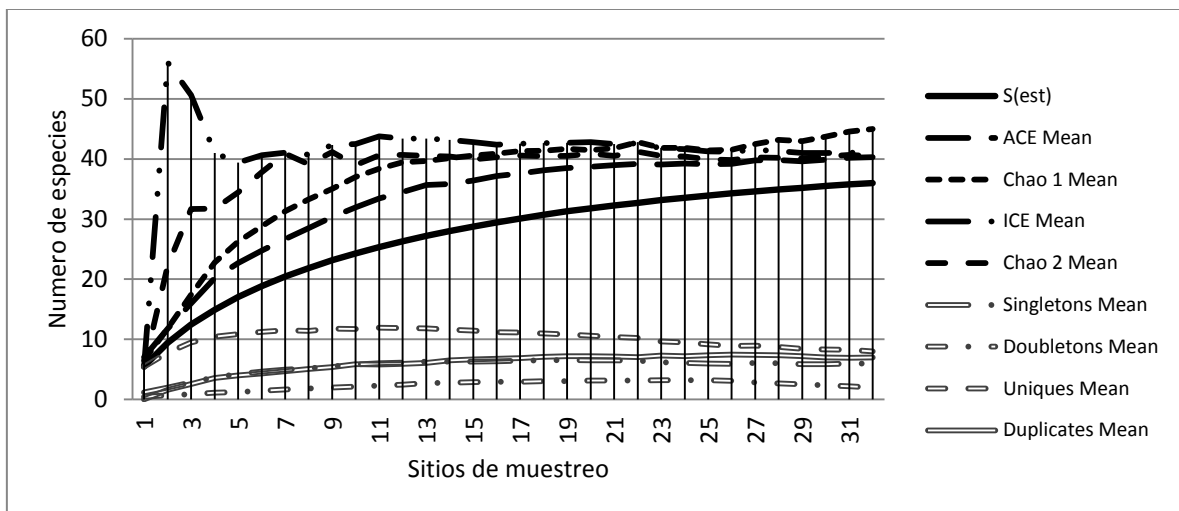


Figura 20. Curva de acumulación de especies de un muestreo de peces asociados a los morichales del hatu Los Cachorros, Puerto Gaitán en Meta, Colombia

Fuente: elaboración propia

Según los estimadores Chao 1 y Ace 1 la eficiencia del muestreo para las tres zonas seleccionadas (morichales con influencia de los ríos Planas y Tillavá y carreteras) es del 100 %, lo que representa un número elevado de especies en los ecosistemas de morichal (ver Figura 21). En síntesis, en todos los sitios muestreados se obtuvo más del 50 % de las especies esperadas, lo que indica que el tiempo empleado y las técnicas utilizadas fueron adecuados para este estudio.

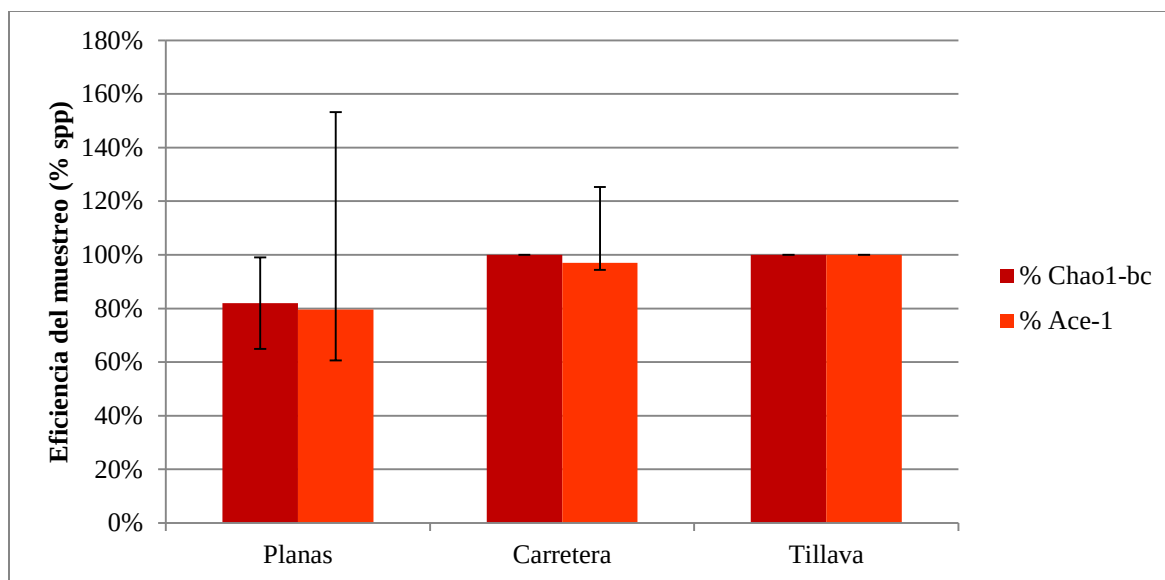


Figura 21. Eficiencia de muestreo de las tres zonas relacionadas con los morichales del hatu Los Cachorros, Puerto Gaitán en Meta, Colombia

Fuente: elaboración propia

8.3. Composición íctica asociada a los ecosistemas de morichal hatu Los Cachorros

En los 33 días que fue el periodo de duración del muestreo en las diferentes zonas, hacia el río Tillavá, Planas y carretera se colectaron 4.408 individuos, se colectaron un total de 36 especies agrupadas en cuatro órdenes y nueve familias (ver Tabla 1), los órdenes con mayor número de familias fueron Characiformes con seis familias, Siluriformes con una familia, Gymnotiformes con una familia y Perciformes con una familia, para un total de nueve familias: *Characidae*, *Curimatidae*, *Erythrinidae*, *Lebiasinidae*, *Anostomidae*, *Acestrorhynchidae*, *Pimelodidae*, *Hypopomidae*, *Cichlidae*.

Por su parte, la familia *Characidae* presentó la mayor riqueza (16 especies) seguida por la *Cichlidae* (con 9 especies); estas riquezas corresponden al 25 % respectivamente. Las siete familias (*Curimatidae*, *Erythrinidae*, *Lebiasinidae*, *Anostomidae*, *Acestrorhynchidae*, *Pimelodidae*, *Hypopomidae*) poseían una riqueza baja con 1 o 2 especies, lo que equivale al 11 %, de las 36 especies presentes en cada uno de los sitios muestreados (ver Tabla 1, Figura 22).

Del mismo modo, la familia con mayor abundancia fue la *Characidae* (2883 individuos), *Cichlidae* (1029 individuos); seguida de *Lebiasinidae* (240 individuos); *Erythrinidae* (198 individuos); *Anostomidae* (43 individuos, con 7 individuos); *Acestrorhynchidae* (5 individuos); *Curimatidae* (2 individuos); *Hypopomidae* (1 individuo) (ver Tabla 1, Figura 23).

Tabla 1. Orden, familias y número de especies colectadas en las tres zonas de morichales con influencia de los ríos Planas y Tillavá, y carretera, en el hato Los Cachorros, Puerto Gaitán en Meta, Colombia

Órden	Nº de familias por orden	Familia	Nº de especies	Abundancias
Characiformes	6	<i>Characidae</i>	16	2878
	6	<i>Curimatidae</i>	1	5
	6	<i>Erythrinidae</i>	2	198
	6	<i>Lebiasinidae</i>	2	240
	6	<i>Anostomidae</i>	1	43
	6	<i>Acestrorhynchidae</i>	3	7
Siluriformes	1	<i>Pimelodidae</i>	1	7
Gymnotiformes	1	<i>Hypopomidae</i>	1	1
Perciformes	1	<i>Cichlidae</i>	9	1029
TOTALES	9		36	4.408

Fuente: elaboración propia

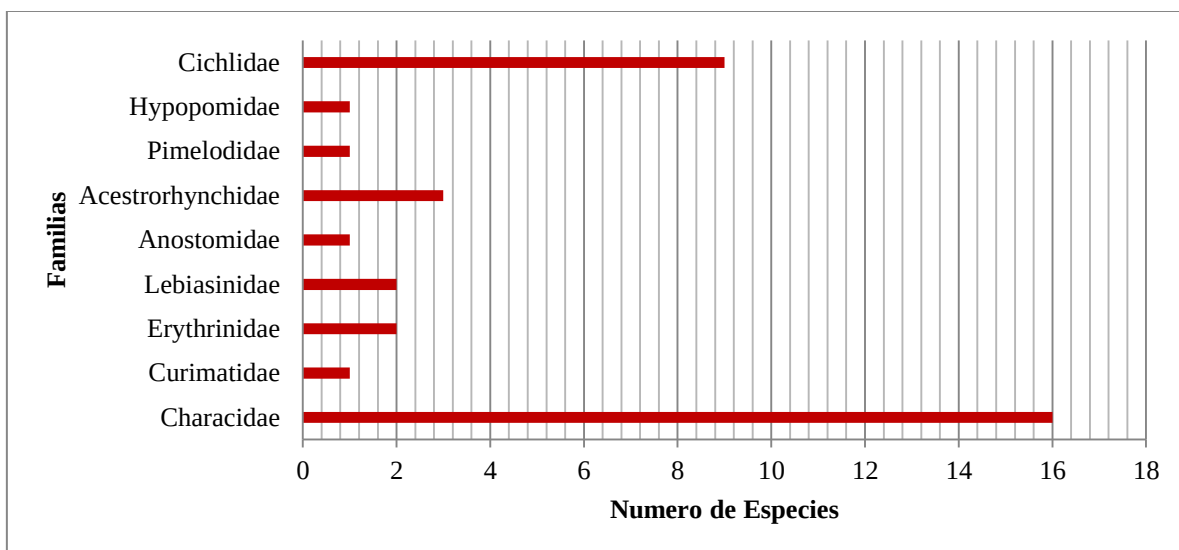


Figura 22. Representación gráfica del número de especies por familia encontradas en los morichales del hato Los Cachorros del municipio de Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

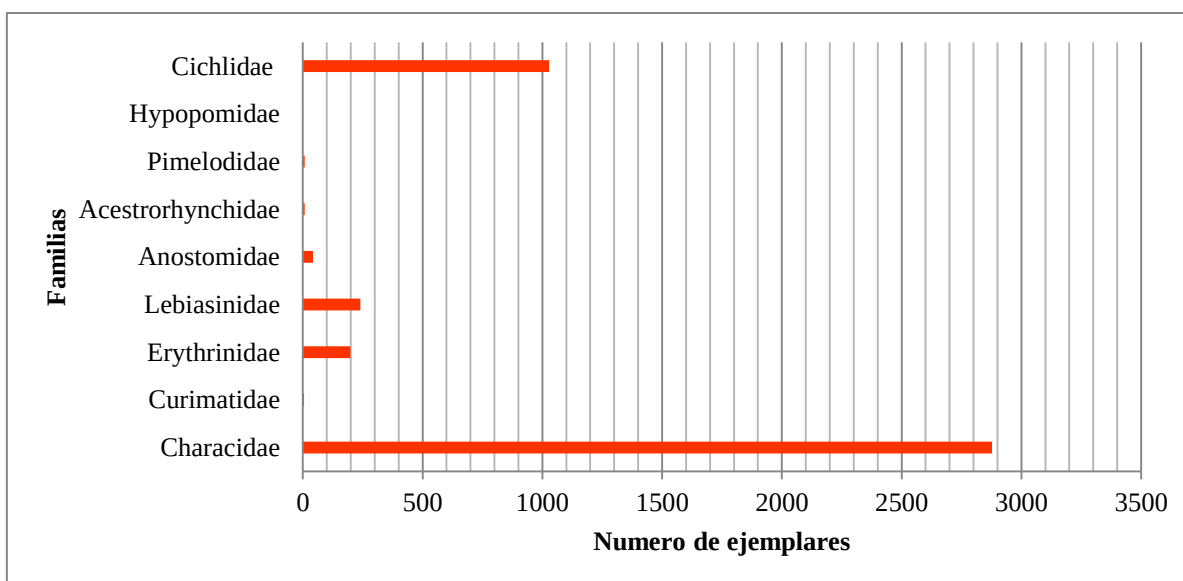


Figura 23. Representación gráfica de las abundancias por familia encontrada en los morichales del hato Los Cachorros del municipio de Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

Con relación a las especies, *Hyphessobrycon metae* y *Acaronia vultosa*, estas fueron las más abundantes (ver Tabla 2; Figura 24).

En cuanto a las abundancias se pudo observar que en los morichales con influencia del río Planas se obtuvo un total de 29 spp (2110 individuos), en los morichales con influencia a la carretera, un total de 28 spp (1620 individuos), y finalmente, en los morichales con influencia del río Tillavá, un total de 15 spp (55 individuos) (ver Tabla 2; Figura 25).

Tabla 2. *Especies y abundancias de peces colectados en las tres zonas de morichales (ríos Planas y Tillavá y Carretera) y microhábitats de distribución de las especies en un ecosistema de morichal*

ÓRDEN	FAMILIA	GÉNEROS	ESPECIE	RP	C	RT	TOTAL ES AB	MICROHÁBITA T
Characiformes	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus</i>	<i>Acestrorhynchus microlepis</i>	1	0	0	1	CM
Characiformes	Acestrorhynchidae	<i>Acestrorhynchus</i>	<i>Acestrorhynchus falcistrostris</i>	2	2	0	4	CM
Characiformes	Characidea	<i>Astyanax</i>	<i>Astyanax superbus</i>	1	2	0	3	O
Characiformes	Characidea	<i>Brycon</i>	<i>Brycon falcatus</i>	1	2	0	3	F
Characiformes	Characidea	<i>Bryconops</i>	<i>Bryconops giacopinii</i>	7	13	14	34	O
Characiformes	Characidae	<i>Catoprion</i>	<i>Catoprion menton</i>	0	1	8	9	CM
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Copella</i>	<i>Copella metae</i>	0	196	20	226	O
Characiformes	Curimatidae	<i>Curimatopsis</i>	<i>Curimatopsis macrolepis</i>	1	1	0	2	O
Characiformes	Characidae	<i>Hemigrammus</i>	<i>Hemigrammus barrigona</i>	50	67	0	117	O
Characiformes	Characidae	<i>Hemigrammus</i>	<i>Hemigrammus newboldi</i>	91	67	189	347	O
Characiformes	Characidea	<i>Hemigrammus</i>	<i>Hemigrammus stictus</i>	0	68	0	68	O
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplerithrinus</i>	<i>Hoplerithrinus unitaeniatus</i>	8	14	12	34	CM
Characiformes	Erythrinidae	<i>Hoplias</i>	<i>Hoplias malabaricus</i>	86	26	16	110	CM
Characiformes	Characidea	<i>Hyphessobrycon</i>	<i>Hyphessobrycon metae</i>	158 5	580	0	2165	CM
Characiformes	Anostomidae	<i>Leporinus</i>	<i>Leporinus octomaculatus</i>	8	14	12	43	F
Characiformes	Characidea	<i>Metynnis</i>	<i>Metynnis argenteus</i>	8	0	0	8	CM
Characiformes	Characidea	<i>Metynnis</i>	<i>Metynnis hyposauchen</i>	4	3	0	7	CM
Characiformes	Characidea	<i>Hemiodus</i>	<i>Hemiodus gracilis</i>	0	0	4	4	O
Characiformes	Characidea	<i>Moenkhausia</i>	<i>Moenkhausia lepidura</i>	0	3	0	2	CM
Characiformes	Characidae	<i>Moenkhausia</i>	<i>Moenkhausia oligolepis</i>	0	1	1	2	CM

Characiformes	Characidae	<i>Myleus</i>	<i>Myleus torquatus</i>	0	0	1	1	F
Characiformes	Characidae	<i>Pristobrycon</i>	<i>Pristobrycon calmoni</i>	1	0	0	1	F
Characiformes	Characidae	<i>Pristobrycon</i>	<i>Pristobrycon striolatus</i>	6	0	0	9	F
Characiformes	Characidae	<i>Pygopristis</i>	<i>Pygopristis denticulata</i>	51	35	17	103	F
Characiformes	Lebiasinidae	<i>Pyrrhulina</i>	<i>Pyrrhulina lugubris</i>	6	8	0	14	O
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Pimelodus</i>	<i>Pymelodus blochii</i>	2	4	1	7	CM
Gymnotiformes	Hypopomidae	<i>Hypopomus</i>	<i>Hypopomus artedi</i>	0	1	0	1	O
Perciformes	Cichlidae	<i>Crenicichla</i>	<i>Crenicichla lugubris</i>	15	68	88	117	CM
Perciformes	Cichlidae	<i>Acaronia</i>	<i>Acaronia vultuosa</i>	100	412	249	761	F
Perciformes	Cichlidae	<i>Cichla</i>	<i>Cichla intermedia</i>	0	1	0	1	F
Perciformes	Cichlidae	<i>Crenicichla</i>	<i>Crenicichla strigata</i>	9	19	0	28	F
Perciformes	Cichlidae	<i>Crenicichla</i>	<i>Crenicichla puntacta</i>	0	0	1	1	F
Perciformes	Cichlidae	<i>Geophagus</i>	<i>Geophagus taeniopareius</i>	2	2	0	4	CM
Perciformes	Cichlidae	<i>Mesonauta</i>	<i>Mesonauta egregius</i>	7	4	4	15	CM
Perciformes	Cichlidae	<i>Aequidens</i>	<i>Aequidens diadema</i>	51	0	30	81	O
Perciformes	Cichlidae	<i>Cichlasoma</i>	<i>Cichlasoma taenia</i>	4	0	17	21	F
TOTALES				2110	1620	678	4408	

Nota: CM= centro de morichal; O=Orilla; F=fondo. En el ható Los Cachorros, Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

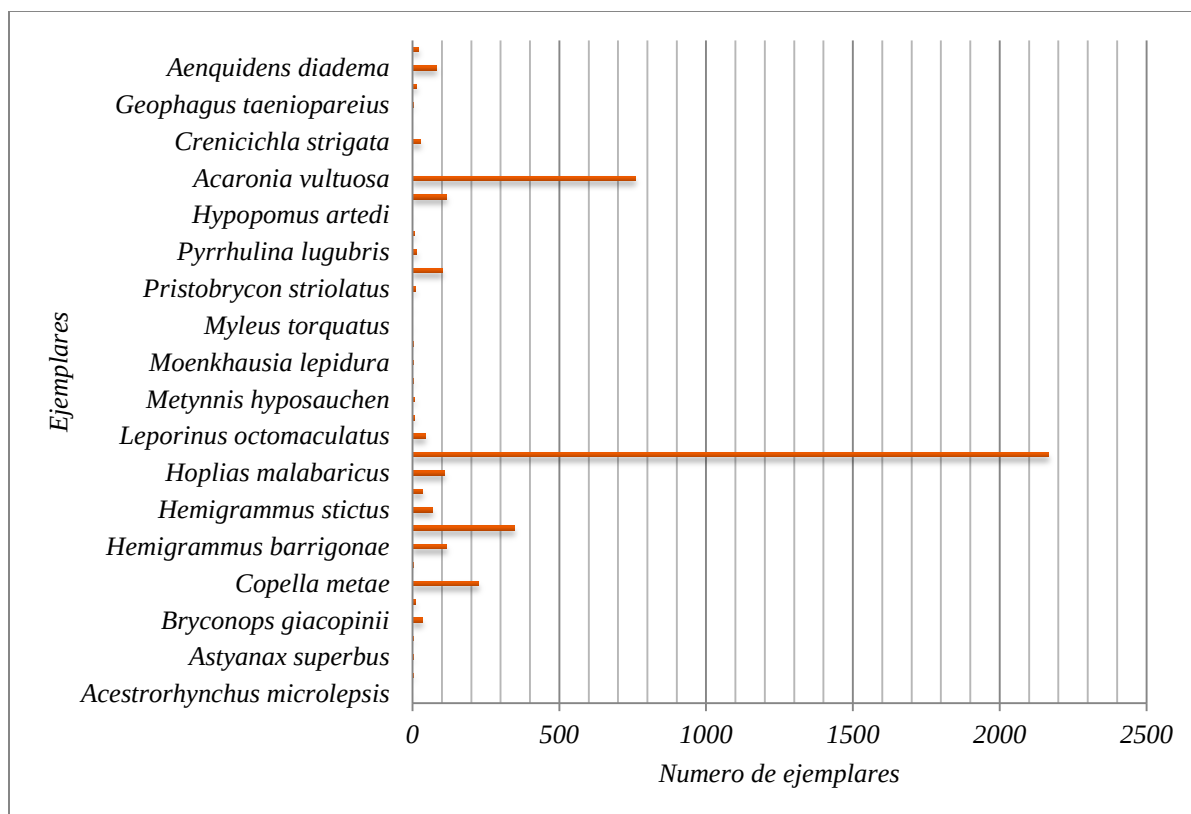


Figura 24. Número de ejemplares colectados por especie en los ecosistemas de morichal muestreados en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

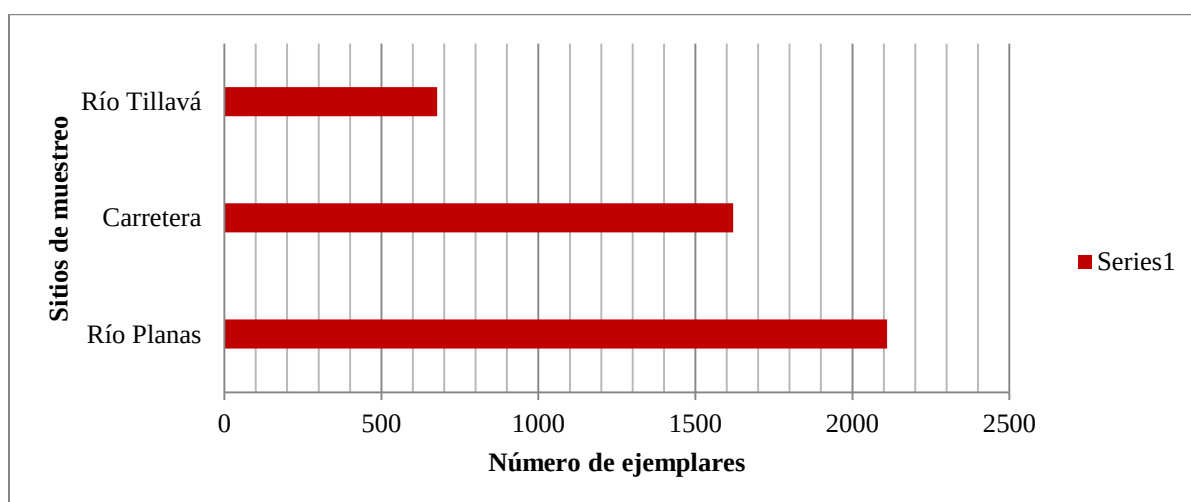


Figura 25. Número de ejemplares colectados en los morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá y carretera muestreados en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

8.3.1. Exclusividad de especies

En las zonas muestreadas (morichales con influencia hacia los ríos Planas y Tillavá, y carretera), de las 36 especies encontradas, 10 se presentan en todas tres zonas. De igual manera, 11 son compartidas por los morichales con influencia del río Planas y carretera; 2 especies son compartidas entre los morichales con influencia de los ríos Planas y Tillavá; y finalmente, 3 especies son compartidas entre los morichales con influencia al río Tillavá y carretera (ver Figura 26).

Así mismo, en cada una de las zonas muestreadas también fue posible observar la existencia de ciertas especies únicas (exclusivas) de estos hábitats, dicha exclusividad se debe a que en las tres zonas de muestreo presentan una heterogeneidad en estos ecosistemas que han permitido el establecimiento de las especies con una alta diversidad de hábitos y formas, las cuales difieren en cuanto a dieta, patrones de reproducción, actividad y locomoción. En los morichales con influencia al río Planas se encontraron 6 de esas especies; en los que tienen influencia a la carretera 3, mientras que en los de influencia al río Tillavá no se encontraron este tipo de especies (ver Figura 27).

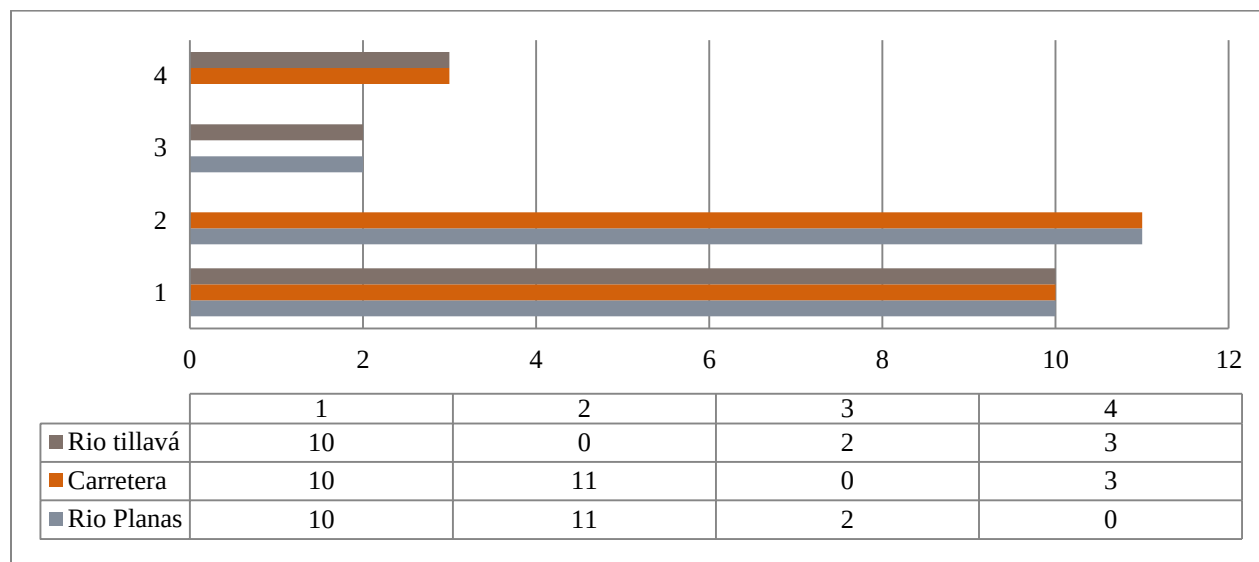


Figura 26. Número de especies compartidas en las zonas de muestreo (morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá y a la carretera) en el hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta Colombia).

Fuente: elaboración propia

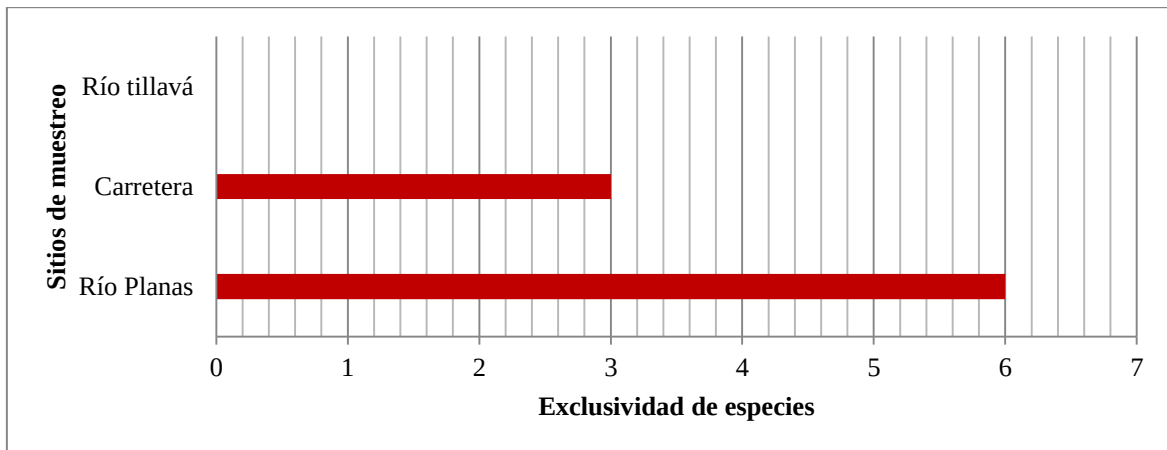


Figura 27. Número de especies exclusivas en las tres zonas de muestreo (morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá, y a la carretera) en el hatu Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

8.4. Análisis de diversidad: Shannon-Wiener

Como se puede observar en la Figura 28, la diversidad íctica para cada uno de los morichales con influencia al río Planas fue de $H = 2.69$; para los morichales con influencia a la carretera de $H = 2.62$; y para los morichales con influencia al río Tillavá de $H = 2.45$; Esto significa que la diversidad en cada uno de los morichales muestreados fue proporcional al número de especies encontradas en total.

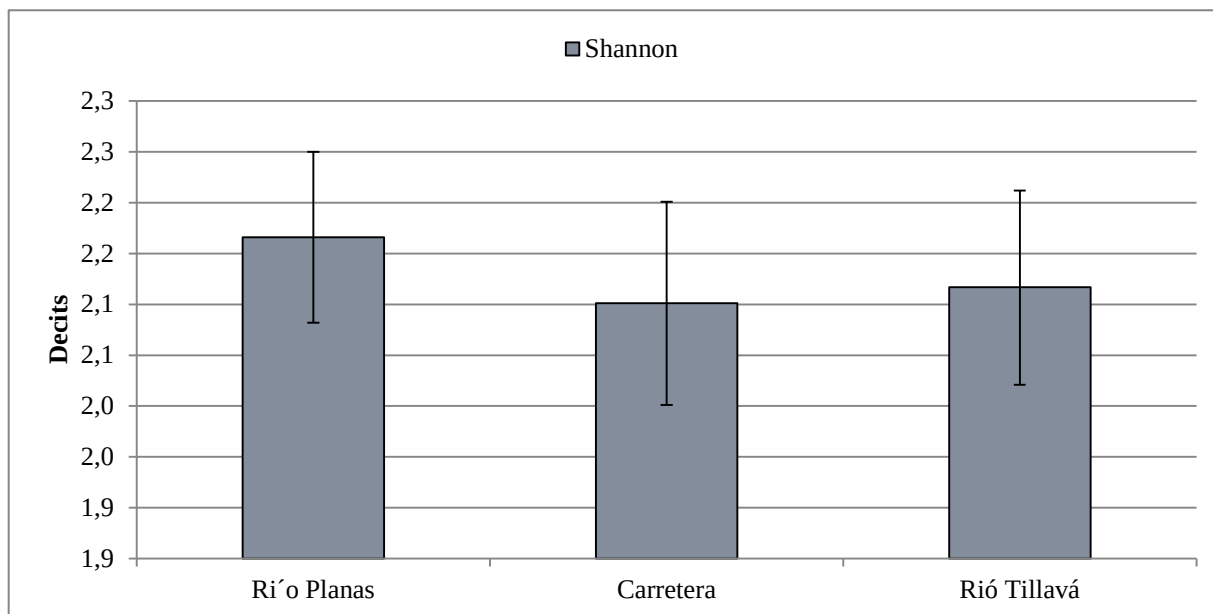


Figura 28. Índice de diversidad de Shannon-Winer, de especies uniformes para los morichales en las tres zonas de muestreo del hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

8.5. Análisis de dominancia: Simpson

En la Figura 29, la dominancia en los morichales con influencia al río Tillavá es baja en comparación a los morichales con influencia al río Planas y Carretera. Esto se debe a que la diversidad íctica no es proporcional a la dominancia. De manera que los morichales con influencia al río Tillavá presentaron un $D=0.12$; los morichales con influencia a la carretera un $D=0.10$; y los morichales con influencia al río Planas un $D=0.13$. De allí se deduce que la diversidad para las tres zonas de estudio era alta con baja dominancia de las especies encontradas.

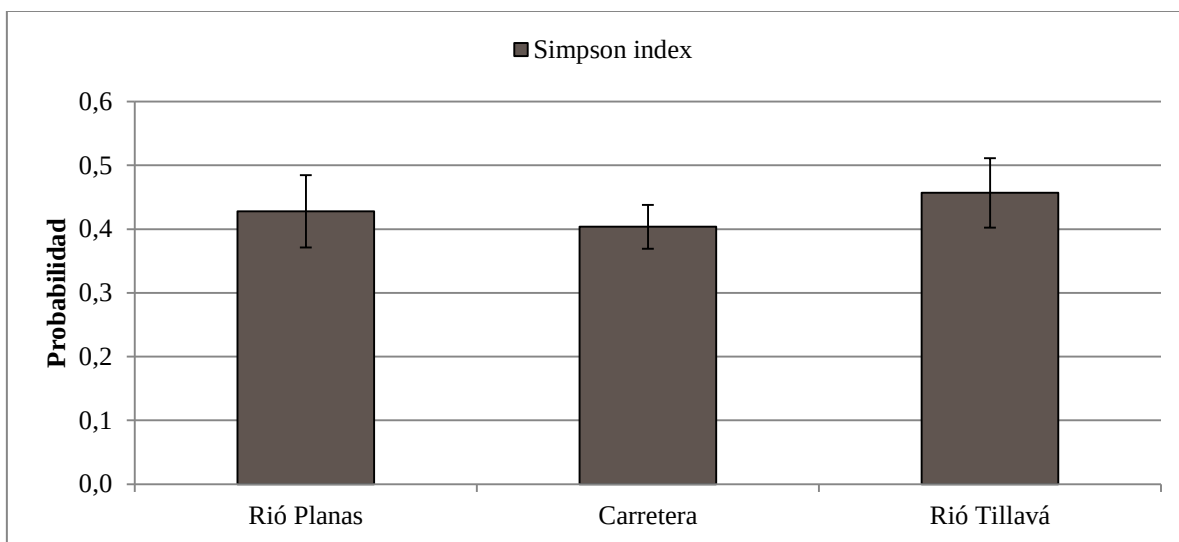


Figura 29. Índice de diversidad de Simpson de especies uniformes para los morichales en las tres zonas de muestreo del hato Los Cachorros Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

8.6. Rarefacción

Las curvas de acumulación de especies observadas para cada una de las zonas de muestreo se ajustan a las correspondientes curvas de acumulación de especies esperadas a partir del análisis de rarefacción (ver Figura 30). Así pues, no se encontraron diferencias significativas entre los datos observados y los esperados, por lo tanto, las dos distribuciones son simétricas en cada una de las localidades evaluadas. En este sentido, a partir de la comparación de las curvas de rarefacción en cada una de las localidades evaluadas, se puede afirmar que la estación los morichales con influencia al río Tillavá presentó los valores más bajos de acumulación de especies. Mientras tanto, las dos estaciones restantes presentaron frecuencias similares frente a la acumulación de especies; de allí que no existiera una diferencia significativa en cuanto a ello debido a que los intervalos de confianza (CI 95 %) de las curvas se solaparon (ver Figura 27).

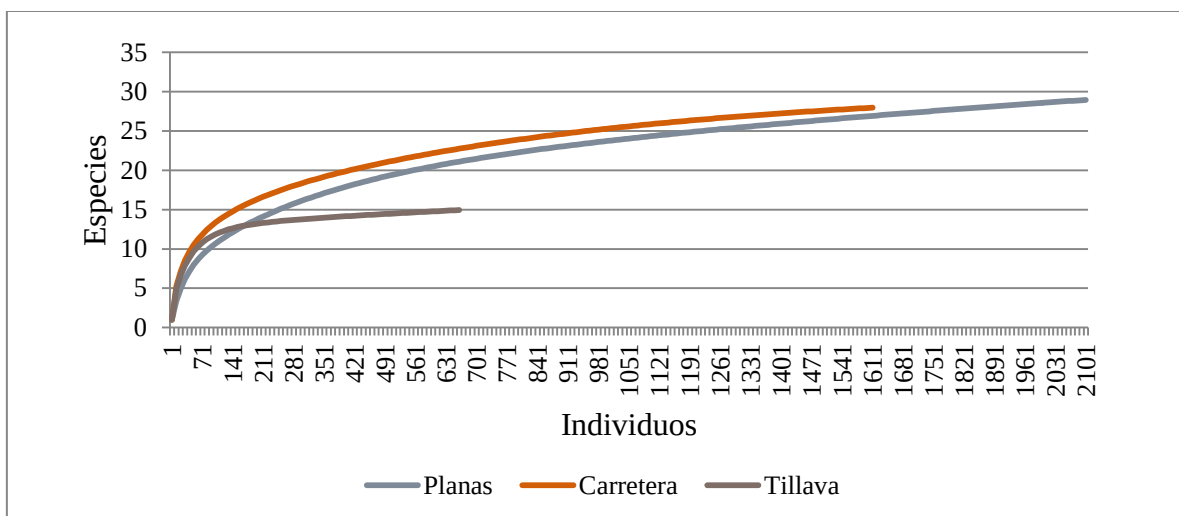


Figura 30. Curva de rarefacción (línea continua) e intervalos de confianza del 95 % para la ictiofauna asociada a los ecosistemas de morichal en las tres zonas (Tillavá-Planas-Carretera) del hato Los Cachorros, Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

8.7. Análisis de la Diversidad Beta (β)

- **Índice de Jaccard**

La composición de especies analizada a nivel regional por medio del índice de similitud de Jaccard, evidenció que existía un nivel bajo de similitud con un valor de 0.4 entre las tres estaciones de los morichales estudiadas. Sin embargo, en el dendrograma se observó una mayor similitud entre la composición y la estructura de la ictiofauna en dos de las estaciones evaluadas en los morichales, la de influencia al río Planas y carretera (0.6). Por su parte, los morichales con influencia al río Planas se asociaron al grupo formado por la zona de los morichales con influencia a la carretera, indicando que estos compartían algunas especies. Los morichales con influencia al río Tillavá se separaron completamente de las zonas restantes, con lo cual se evidenció que este cuerpo de agua era el que poseía mayor diferencia, esto posiblemente por el bajo número y la particularidad de las especies que allí se registraron (ver Figura 31).

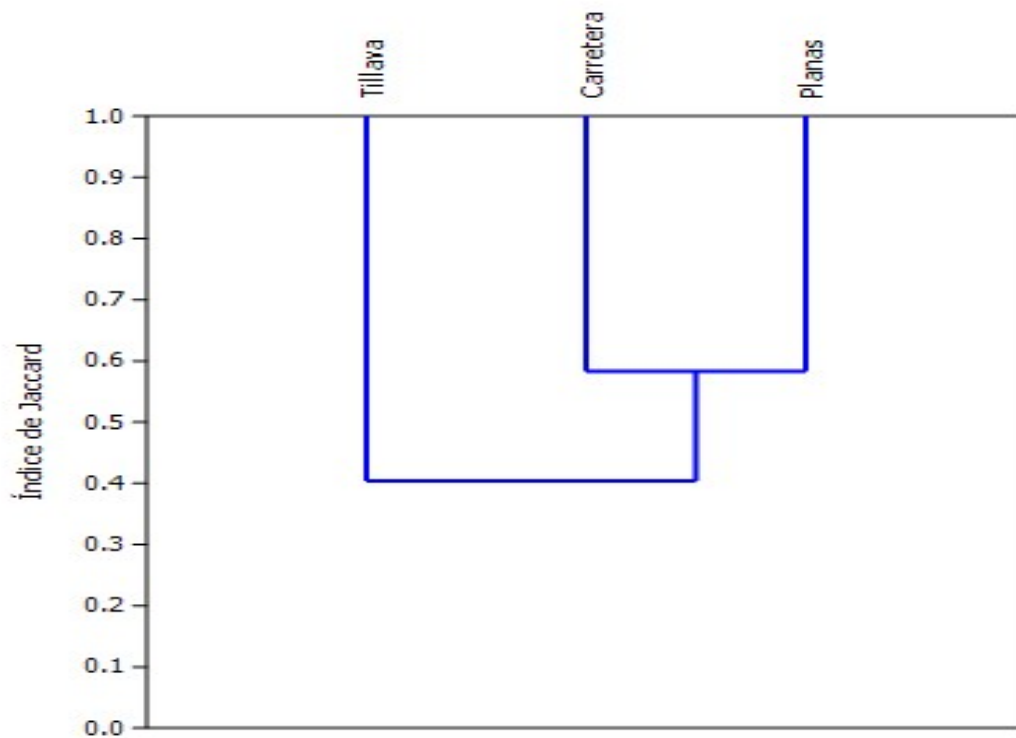


Figura 31. Índice de similitud de Jaccard de los morichales en las tres zonas (límites de los ríos Tillavá y Planas-Carretera), del hato Los Cachorros, Puerto Gaitán (Meta, Colombia)

Fuente: elaboración propia

9. Discusión de resultados

Habiendo llegado este punto, tras verificar la información del presente estudio con los resultados obtenidos en el informe “Peces de los morichales y cananguchales de la Orinoquía y Amazonia colombo-venezolana: una aproximación a su conocimiento, uso y conservación” (Machado-Allison *et al.*, 2013, p. 289), se pudo observar que de las 36 especies registradas en los ecosistemas de morichal, únicamente son endémicas de la altillanura, en especial del ecosistema de morichal, *Hyphessobrycon metae*, *Leporinus octomaculatus*, *Metynnis argenteus*, *Metynnis hyposauchen*, *Hemiodus gracilis*, *Myleus torquatus*, *Pristobrycon calmoni*, *Pristobrycon striolatus*, *Pygopristis denticulata*, *Pyrrhulina lugubris*, *Crenicichla lugubris*, *Acaronia vultuosa*, *Cichla intermedia*, *Crenicichla strigata*, *Crenicichla punctata*, *Geophagus taeniopareius*, *Mesonauta egregius*, *Cichlasoma taenia* siendo especies endémicas según lo registrado para las localidades del morichal largo de Puerto López, Meta.

Esta lista representa aproximadamente el 52.5 % de especies registradas en la región de la altillanura colombiana y el 6,23 % en la zona hidrogeográfica del Orinoco.

Fue oportuno también establecer una comparación entre los resultados obtenidos en el presente estudio y la última lista de los peces de ecosistemas de morichal en Colombia (Machado-Allison *et al.*, 2013), de allí se observó que todas las especies obtenidas se encontraban registradas en la cuenca del Orinoco, la gran cuenca que desemboca a morichales; a excepción de *Hemiodus gracilis* que es una especie relativamente nueva. Esta especie es endémica de la cuenca del Orinoco y hace parte de los ecosistemas de morichal en especial, de los de la zona de estudio.

Ahora bien, las 35 especies restantes representan el 52.3 % de los órdenes existentes, el 25.3 % de las familias y el 2,4 % de las especies registradas para el territorio nacional. Por otra parte, la comunidad íctica de los ecosistemas de morichal presenta un nivel demarcado, el orden Characiformes con la mayor representatividad de familias registradas (16 %), seguido por Perciformes (9 %) y por último el Siluriformes y Gymnotiformes (2 %) (ver Tabla 1; Figura 22). Ese resultado coincide en gran medida con la tendencia general de la ictiofauna de agua dulce registrada en el país (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2008).

En contraste con lo anterior, a nivel de familia donde se encontró una jerarquía bien marcada comprendido por el número de especies que abarcan (ver Tabla 2); presentando como principal familia la *Characidae* (16% de las especies registradas), seguida por *Cichlidae* (9%), Siluriformes (2 %) y Gymnotiformes (3%) demostrando una uniformidad en este nivel.

Dentro de las especies ícticas más abundantes y presentes en la comunidad de los ecosistemas de morichal (ver Figura 23) como puede verse, se destacan las especies de la familia *Characidae*; encontrándose aquí la *Hyphessobrycon metae* (Taphorn, 2003), la especie más abundante con 2165 individuos del total de los individuos recolectados. Por otra parte, otras dos familias presentaron abundancias significativas, estas fueron *Cichlidae* con *Acaronia vultuosa* (761 individuos) y *Hemigrammus newboldi* (347 individuos).

Con relación al número de individuos, la especie más abundante en los ecosistemas de morichal fue la *Hyphessobrycon metae* (Taphorn, 2003), hecho que posiblemente se debe a que presenta una reproducción continua a lo largo de todo el año, por lo que el número de individuos de la población se mantiene elevado. Diversos estudios realizados en ecosistemas de morichal de la cuenca del Orinoco (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005; Moreno, 2001; Nakamura, *et al.* 2000 como se citó en Mesa & Lasso, 2013), reportaron dicha especie desde los 3 m hasta los 18 m en la parte central de estos sistemas. Es importante resaltar que además de ser la especie más abundante, fue catalogada como la especie residente entre otras cosas porque se registró en todos los hábitats evaluados. Esta misma manifestó una ligera tendencia a los fondos y en la mayoría de los sustratos evaluados, entre los que se pueden destacar arena, fango y lodo. Adicionalmente, también se observó que la mayoría de los individuos se alimentaban principalmente de larvas de macroinvertebrados acuáticos, con tendencia a la omnivoría, por lo que la oferta alimenticia no parece ser el factor limitante en la distribución y abundancia de la especie.

Otra de estas especies es la *Acaronia vultosa*, la cual se registró en tres zonas evaluadas, con mayor número de organismos en los morichales con influencia a la carretera. La distribución y abundancia de esta especie al parecer está determinada por las interrelaciones entre los factores bióticos y abióticos de los ecosistemas evaluados, como la velocidad de la corriente y los fondos principalmente con fangos y arena, entre otros. Además, los individuos tienen una peculiar forma de resistir y ascender corrientes fuertes, esta facilidad explica su presencia en muchos ecosistemas en Suramérica y en Colombia, especialmente (Galvis *et al.*, 2007).

En efecto, durante los muestreos realizados se observó que la mayoría de los organismos se registraron principalmente en el hábitat de centros de morichal y en zonas donde se oferta una gran abundancia de macroinvertebrados acuáticos, especialmente larvas, lo cual concuerda con lo reportado por Camargo-Cuevas (2008) por el hecho de que hay diferencias significativas en cuanto a la composición taxonómica de las dos zonas de estudio, orilla (Macrófitas flotante, Plantas semiacuáticas y Gramíneas) y centro del morichal, ya que cada zona tiene una composición particular; esto a excepción de la especie *Hemigrammus barrigona* que está presente en las dos zonas de estudio. También es conveniente destacar que la especie *Hypopygus* sp. se encontró de forma exclusiva en el microhábitat formado por las plantas semiacuáticas.

Por otro lado, la mayoría de las especies que están presentes en las orillas del morichal tienen una característica en común, y es que presentan unas coloraciones en su cuerpo (Taphorn, 2003), generalmente mediante la forma de bandas oscuras que les permiten camuflarse en el microhábitat. Estos organismos se alimentan exclusivamente del perifiton que crece en los diferentes sustratos del cuerpo de agua, por lo que la distribución y abundancia están determinadas principalmente por este recurso alimenticio (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005; Zuniga-Upegui, Villa-Navarro, Reinoso-Firez, & Ortega-Lara, 2005). Cabe denotar además que de las tres zonas evaluadas, la que mayor abundancia de organismos registró fue la de los morichales con influencia al río Planas, este hecho posiblemente se debe a la gran diversidad de algas perifíticas observadas en troncos *Hyphessobrycon metae* (Taphorn, 2003), *Astyanax superbis* y *Curimatopsis macrolepis* (Marrero *et al.* 1997 como se citó en Mesa & Lasso, 2013), y entre otras se registraron una sola vez durante todo el estudio, por lo que se podrían clasificar como raras o poco frecuentes (Lasso, Señaris, Lasso-Alcalá, & Castro-Viejo, 1995) para el área de estudio. Lo anterior se debe principalmente a las condiciones propias de cada una de las especies, como por ejemplo, migraciones reproductivas, hábitos nocturnos, estados de madurez e incluso a que algunas especies solo se registran en hábitats con características muy particulares (abundantes raíces en las orillas del cuerpo de agua, vegetación sumergida, temperaturas específicas y sustratos específicos como hojarasca, guijarro y arena, entre otros) (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005).

Según el índice de diversidad de Shannon, los morichales con influencia al río Planas y los morichales con influencia a la carretera obtuvieron los valores más altos. Esto podría atribuirse a

que estas zonas fueron las que ofertaron un mayor número de microhábitats (lodo, hojarasca, material vegetal, material alóctono) y una gran variedad de fuentes alimenticias como macroinvertebrados acuáticos y perifiton, que facilitaron la colonización de un gran número de especies (Herder & Freyhof, 2006). Pese a que las zonas evaluadas se encontraban por debajo de los 110 m, el mayor número de taxones se registró en las zonas cercanas a los morichales con influencia al río Planas, es probable que dicha circunstancia haya influido en la riqueza de especies debido a que durante algunas épocas del año varias especies que normalmente se encuentran en dicho río se desplazan hacia los cuerpos de agua más pequeños, como por ejemplo, la *Copella metae*, que en su estado juvenil se desplaza a cuerpos de agua de menor tamaño, la *Cichla*, caracterizada por realizar migraciones reproductivas intermedias y la *Crenicichla strigata*, reconocida por distribuirse en el Alto Orinoco (Maldonado-Ocampo *et al.*, 2005; Valderrama & Solano, 2004).

A primera vista, el número de especies encontradas a lo largo de este trabajo puede parecer insignificante con respecto a los registros anteriormente nombrados, sin embargo, hay que tener en cuenta que el área de la zona muestreada es reducida, comparada con el área total de la Orinoquía, que es de 437,000 km, y además afectada por las actividades antrópicas (Gutiérrez *et al.*, 2010) y el origen alóctono de las fuentes alimentarias (Marrero, 1997 como se citó en Mesa & Lasso, 2013). No obstante, la curva de acumulación de especies (ver Figura 20) muestra una diferencia de 5 sp entre las especies esperadas y las observadas, con una desviación estándar de 41,67. Esto demuestra que el esfuerzo de captura fue suficiente y se aproximó al total de especies encontradas en el área de estudio.

Los valores de riqueza y abundancia que se encontraron en cada uno de los sitios muestreados fueron diferentes, sin importar cuán alejados estaban unos de otros (ver Figura 22). Dicho esto, resulta pertinente señalar que estos pueden estar siendo influenciados por lo siguiente:

- Niveles freáticos. Los ecosistemas de morichal con influencia hacia los ríos Planas y Tillavá son de gran extensión, estos se presentan en inmensas lagunas con una mayor profundidad, acompañadas de material vegetal tanto terrestre como acuático, que proporcionan estabilidad a la comunidad íctica. Por ello, son los sitios donde se mostró mayor abundancia y diversidad. De otra parte, los morichales con influencia a la carretera

son lo de mayor dificultad ya que estos ambientes han tenido gran influencia antrópica por la extracción de hidrocarburos y paso de vehículos, lo que puede estar afectando dichas comunidades. Aun así, estos ecosistemas también están presentando una alta diversidad y abundancia que puede deberse a la disposición de material alóctono y humus, que permiten que las especies se mantengan allí.

- Hábitats muestreados. Las tres zonas de trabajo en especial los morichales con influencia a los ríos Planas y Tillavá, donde se encontró abundante vegetación sumergida además de alta cobertura arbórea; aportando la mayor abundancia por muestra 2110 y 678 individuos y la mejor representación de la abundancia-riqueza por estación de muestreo con un total de 36 sp y 4480 individuos. Por otra parte, los morichales con influencia a la carretera donde los ecosistemas están afectados por la fragmentación, dificultando el muestreo y la captura de los individuos. No obstante, este presentó una abundancia alta debido a que las especies se capturaron en más frecuencia, como lo fueron *Hyphessobrycon metae* (580 ind.) y *Acaronia vultuosa* (412 ind.).
- La longitud. Los ecosistemas de morichal de la zona de muestreo presentaron longitudes similares a los 8 metros, esta característica permitió realizar un muestreo eficiente para la selección de los individuos.

Los índices usados para la determinación de la diversidad de la comunidad íctica en los morichales del hato Los Cachorros, del municipio de Puerto Gaitán, fueron Shannon-Wiener y Simpson como se citó en Moreno (2001), que se basan no solo en la riqueza de especies sino también en sus abundancias relativas. Así, se supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos.

Por otra parte, conviene saber que el índice de Shannon-Wiener aumenta con el número de especies en una comunidad y en teoría puede alcanzar muy altos valores. Sin embargo, en la práctica para comunidades biológicas este índice no parece sobrepasar valores de 5.0, siendo muy sensible a cambios en las especies raras. En la comunidad íctica de los ecosistemas de morichal el índice de Shannon-Wiener registró un valor de 2,69 para morichales con influencia al río Planas; 2,62 para los morichales con influencia a la carretera y 2,45 para los morichales con influencia al río Tillavá, denotando máxima diversidad.

Contrario a eso, el índice de Simpson alcanzó un valor bajo. Los morichales con influencia al río Tillavá presentaron un $D=0.12$; los morichales con influencia a la carretera un $D=0.10$; y finalmente, los morichales con influencia al río Planas un $D=0.13$, ello teniendo en cuenta que los valores de este índice oscilan entre 0 (baja dominancia) y 1 (alta dominancia) siendo muy sensible a cambios en las especies abundantes (Krebs 1989 como se citó en Moreno, 2001). Debido a que en la comunidad de peces, el segmento de los morichales presentó algunas especies muy abundantes (microcharácidos) y un número significativo de especies raras (orden Siluriformes), podría subestimarse la diversidad de la comunidad por parte de estos dos estimadores.

De igual forma, se deber añadir que por medio del estadístico de rarefacción se determinó que para una muestra estándar de 4408 individuos, hubo una superposición de los intervalos de confianza de 95 %, en el punto en que los morichales con influencia al río Tillavá se superponen a los morichales con influencia al río Planas y carretera en la curva, por lo tanto, la diferencia en la riqueza de especies es estadísticamente significativa debido a que los morichales con influencia al río Planas tuvieron un total de 29 especies; los morichales con influencia a la carretera de 27 especies y los morichales con influencia al río Tillavá de 15 especies. Dicha superposición puede deberse a que en estos lugares existen unas pocas especies dominantes, una mayoría con abundancias medias y un grupo pequeño de especies raras (Uribe & Orrego, 2001); algunos autores consideran que las comunidades que presentan este tipo de distribución se caracterizan por poseer un gran número de especies y por no presentar disturbios y encontrarse en equilibrio (Magurran, 2004; McGill *et al.*, 2007)

Al respecto, el modelo de distribución de abundancia que mejor explicó la distribución de los organismos en la muestra estudiada aquí, fue la serie geométrica, en la que unas pocas especies son muy abundantes y las restantes son prácticamente raras, esto es un fenómeno característico de comunidades con un bajo número de especies (riqueza específica baja) y con algún grado de intervención (McGill *et al.*, 2007), lo que posiblemente está relacionado con la calidad del hábitat en esta zona.

El estadígrafo de Jaccard evalúa el número de especies que se comparten entre varios sitios de colecta o presencia-ausencia de especies, dándoles valor numérico en un rango de 0 a 1, donde 0 equivale a que no hay especies presentes en ambos puntos y 1 todas las especies son iguales y se

encuentran en todos los puntos evaluados; de esta manera, se logró determinar que las comunidades de peces presentes en las tres estaciones de muestreo (ver Figura 23) se compartieron de la siguiente manera y en medida de mayor similitud: las zonas con el porcentaje más alto de similitud fueron los morichales con influencia al río Planas y carretera, hecho que podría estar relacionado con la estabilidad y la calidad del hábitat del cuerpo de agua a lo largo de los tramos evaluados. Con relación a las estaciones evaluadas, en los morichales con influencia al río Tillavá se observó una diferencia significativa en composición de las tres zonas evaluadas, según la fauna de peces registrada durante el estudio, esto se debe principalmente a que en este cuerpo de agua se registra un número bajo de taxones y a que solo en esta estación se encuentran las especies *Moenkhausia oligolepis* y *Hypopommus artedi* 1. Además de la fauna íctica, las condiciones fisicoquímicas probablemente son muy particulares, debido a que como se menciona anteriormente la calidad de la vegetación riparia, podría estar influyendo en la diversidad y distribución de peces. Algunos estudios como los Machado-Allison concuerdan con los resultados obtenidos, ya que la pérdida de la cobertura riparia y la calidad de esta tiene efectos negativos en la comunidad de peces. “Con relación a los ensamblajes de especies detectados en cada una de las zonas de muestreo, es claro que existen diferencias entre las **tres** zonas evaluadas al menos en cuanto a la composición y estructura de la comunidad íctica” (López, 2013, pp. 85-86; en nerita palabras propias del autor).

Así, en los morichales con influencia al río Tillavá se observó la presencia de diferentes especies de la familia Ciclidae, principalmente porque este cuerpo de agua presenta las condiciones óptimas para el desarrollo de estos organismos, como por ejemplo, hábitats con corrientes poco fuertes, sustratos blandos, fangosos y arenosos y una abundante oferta de macroinvertebrados acuáticos (Moreno, 2001). Vale la pena denotar que los morichales con influencia al río Planas registró el mayor número de especies únicas, principalmente del orden Siluriformes, lo cual podría relacionarse con la cercanía de esta estación a la desembocadura del Orinoco, de manera que algunas de estas especies podrían viajar entre ambos cuerpos de agua.

Con relación a los microhábitats observados en los ecosistemas de morichal del área de estudio, se pudo determinar que en la superficie donde se observaron macrófitas semicuatricas había un gran número de especies de los géneros *Copella*, *Pyrrhulina*, *Hemigrammus* y *Hyphessobrycon*, que se asocian a estos hábitats ya que las raíces de las plantas les permiten la

reproducción (Lasso *et al.*, 2013), seguido de las macrófitas sumergibles que acogen a un gran número de individuos del género *Brycon* y algunos curimatidos, que aportan un potencial grande en alimento y refugio contra depredadores. Finalmente, hacia el fondo y centros de morichal se encuentran especies del género *Hoplias* y *Crenicichla*, ya que este especio les proporciona refugio, alto nivel alimenticio y reproducción.

10. Conclusiones

- El presente estudio es pionero en comunidad íctica de los ecosistemas de morichal en el hato Los Cachorros en Puerto Gaitán (Meta-Colombia) abarcando un total de 36 especies, 9 familias, 4 órdenes; siendo este un número significativo en comparación a estudios realizados en ecosistemas de morichal de Venezuela.
- En el período hídrico muestreado, demuestra que la diversidad, riqueza y dominancia son equiparables.
- La mayoría de las especies que la componen tuvieron una amplia distribución geográfica en países como Venezuela, Guyana y Colombia, haciendo parte de la cuenca del río Orinoco.
- El orden Characiformes y su principal familia *Characidae* aportaron el mayor número de especies para la comunidad de peces en el presente estudio, resultado que se asemeja al reportado en otros trabajos realizados en el área de estudio y en Venezuela.
- Las especies de los ecosistemas de morichales presentaron según el índice de rarefacción diferencias significativas entre los datos observados y los esperados, por lo tanto, las dos distribuciones fueron simétricas en cada una de las localidades evaluadas.
- La composición de especies según el registro del índice de Jaccard, evidenció un nivel bajo de similitud entre las tres estaciones de los morichales con influencia al río Tillavá, Planas y carretera.

11. Recomendaciones

Como se dijo antes, la falta de conocimiento en estos ecosistemas a nivel regional es evidente ya que son pocos los estudios que se han realizado en Colombia en comparación con Venezuela, Perú y Brasil, cuentan con una variedad de investigaciones relacionadas con temáticas como la ecología, la taxonomía, la biología, los niveles tróficos, entre otros. Por tanto, se recomienda un estudio relativo a la composición y la estructura de las comunidades ícticas asociadas a estos ecosistemas que permita la conservación y prevención tanto de los ecosistemas como de las especies.

12. Referencias

- Acosta-Galvis, A., Señaris, C., Rojas-Runjaic, F., & Riaño-Pinzón, D. (2010). Capítulo 8. Anfibios y Reptiles. En C. Lasso, J. Usma, F. Trujillo, & A. Rial, *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco* (págs. 259-287). Bogotá, D.C.: IAvH / WWF Colombia / Fundación Omacha / Universidad Nacional de Colombia.
- Aristeguieta, L. (1969). Consideraciones sobre la flora de los morichales llaneros al norte del Orinoco. *Acta Botanica Venezuelica*. 3 (1/4), 19-38.
- Ballén, G. (2012). Capítulo 5. Peces Hato los Cachorros Puerto Gaitán (Meta). En J. Contreras-Herrera, G. Medina-Rangel, C.-D. R., & M. Chávez-Agudelo, *Evaluación de la flora y de la fauna de la reserva, Hato los cachorros en el Municipio de puerto Gaitán, Meta* (págs. 225-358). Bogotá, D.C.: S.E.
- Bantaba.(s.f.).*Diversidadbiologica*.Obtenidode
http://www.bantaba.ehu.es/formarse/ficheros/view/biodiversidad-generalidades-documento-4.pdf?revision_id=80446&package_id=80300
- Blanco-Belmonte, L. (2013). Capítulo 9. Insectos acuáticos asociados a tres ríos de morichal de los llanos orientales, cuenca del 9. Orinoco, Venezuela. En C. Lasso, A. Rial, & V. González-B, *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I* (págs. 165-180). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Buckup, P. (2004). *Introducción a la sistemática de peces tropicales*. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Camargo-Cuevas, D. (2003). *Ecología trófica de la ictiofauna asociada a un ecosistema de morichal, Pore - Casanare*. Yopal, Colombia: Universidad Internacional del Trópico Americano.
- Castellanos, C. (2003). *Los ecosistemas de humedales en Colombia*. Bucaramanga, Santander: Corporación de Investigaciones en Biodiversidad y Medio Ambiente de Santander.

- Colwell, R., Mao, C., & Chang, J. (2004). Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*. 85 (10), 2717-2727.
- Damaso, Y., Ipuchima, A., & Santos, A. (2009). *Conocimiento local indígena sobre los peces de la Amazonia. Lagos de Yahuaracaca*. Bogotá, D.C.: Universidad Nacional de Colombia / Editora Guadalupe S. A. .
- Do Nascimento, R. (2017). *Advances in Chromatographic Analysis*. Nueva York: AvidScience.
- EGE - IECEBA . (2016). *Ecología de comunidades. Teórica 1*. Obtenido de <http://www.ege.fcen.uba.ar/wp-content/uploads/2014/05/Comunidades11.pdf>
- Fernández, Á., Gonto, R., Rial, A., Rosales, J., Salamanca, B., Córdoba, M., & ... Ariza, A. (2010). Capítulo 5. Flora y vegetación de la cuenca del río orinoco. En C. Lasso, J. Usma, F. Trujillo, & A. Rial, *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad* (pág. 195). Bogotá, D.C.: IAvH / WWF Colombia / Fundación Omacha / Universidad Nacional de Colombia.
- Galvis, G., Sánchez-Duarte, P., Mesa-Salazar, L., López-Pinto, Y., Gutiérrez, M., Gutiérrez-Cortés, A., . Castellanos, C. (2007). *Peces de la Amazonía colombiana con Énfasis en Especies de Interés Ornamental*. Bogotá, D.C.: INCODER / Universidad Nacional de Colombia e Instituto amazónico de investigaciones científicas (Instituto Sinchi) 425 p.
- García, A., Roman, V., & Taphorn, B. (2008). Revision of the Hypessobrycon heterorhabdus-group (Teleostei: Characiformes: Characidae) with description of two new species of Venezuela. *Vertebrate Zoology*. (58-2), 139-157.
- Gleason, H. (1926). The individualistic concept of the plant association. *Torrey Botanical Club Bulletin*. 53 (1), 7-26.
- Google Earth. (s.f.). *Inicio*. Obtenido de <https://earth.google.es/>
- Gutiérrez, A., Pulido, S., García, F., Rojas, J., & García, C. (2010). *Evaluación del recurso hídrico de una microcuenca para el diseño de un esquema de compensación o pago por servicios ambientales*. Villavicencio: CORPOICA & ECOPETROL.

- Herder, F., & Freyhof, J. (2006). Resource partitioning in a tropical stream fish assemblage. *Journal of Fish Biology*. 69 (2), 571-589.
- Herrera, N. (2009). *Plan Prospectivo Agropecuario Puerto Gaitán 2020*. Puerto Gaitán: Departamento del Meta / Municipio de Puerto Gaitán.
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt [Instituto Humboldt]. (2017). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Bogotá, D.C.: Instituto Humboldt [En Línea]. Obtenido de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/HumboldtAnalisisDatos.pdf>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (1999). *Paisajes Fisiográficos de Orinoquia – Amazonia (ORAM) Colombia. Análisis Geográficos Nos. 27 - 28*. Bogotá, D.C.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2002). *El Meta: un territorio de oportunidades*. Bogotá, D.C.: Gobernación del Meta e Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Isaza, C., Galeano, G., & Bernal, R. (2013). Capítulo 13. Manejo actual de *Mauritia flexuosa* para la producción de frutos en el sur de la Amazonia colombiana. En C. Lasso, A. Rial, & V. González-B, *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I* (págs. 247-276). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Kullander, O., & Silfvergrip, A. (1991). Review of the South American cichlidgenus *Mesonauta* Günther (Teleostei, Cichlidae) with descriptions of two new species. *Revue suisse de zoologie*. 98, 407--448.
- Lasso, C., & Machado-Allison, A. (2000). *Sinopsis de las especies de peces de la familia Cichlidae presentes en la cuenca del río Orinoco. Serie Peces de Venezuela*. Caracas: Universidad Central de Venezuela / Instituto de Zoología Tropical.
- Lasso, C., & Rial, A. (2013). Introducción. En C. Lasso, A. Rial, & V. González-B, *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I* (págs. 25-30). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.

- Lasso, C., Rial, A., & González-B, V. (2013). *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I*. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Lasso, C., Rial, A., Matallana, C., Ramírez, W., Señaris, J., Díaz-Pulido, A., . . . Machado-Allison, A. (2011). *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco. II Áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible*. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt / WWF Colombia / Fundación Omacha / Fundación La Salle de Ciencias Naturales.
- Lasso, C., Señaris, C., Lasso-Alcalá, O., & Castro-Viejo, J. (1995). Aspectos ecológicos de un comunidad de bagres (pisces: Siluroidei) en los llanos inundables de Venezuela. *Acta Biologica Venezuelica*. 16 (1), 1-31.
- López, E. (2013). *Composición y estructura de la comunidad de peces y sus relaciones con la calidad de la vegetación riparia y algunas variables ambientales en dos ríos de bosque seco tropical (Bs-t), Tolima (Colombia) [Trabajo de grado en maestría]*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- López-Fernández, H., & Winemiller, K. (2003). Morphological variation in *Acestrorhynchus microlepis* and *A. falcatus* (Characiformes: Acestrorhynchidae), reassessment of *A. apurensis* and distribution of *Acestrorhynchus* in Venezuela. *Ichthyological Exploration of Freshwaters*. 14 (3), 193-208.
- Machado-Allison, A. (2002). Los peces Caribes de Venezuela: Una aproximación a su estudio taxonómico. *Bol. Acad. C. Fís., Mat. y Nat. LXII (1)*, 35-88.
- Machado-Allison, A., Mesa, L., & Lasso, C. (2013). Capítulo 15. Peces de los morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia colombo-venezolana: una aproximación a su conocimiento, uso y conservación. En C. Lasso, A. Rial, & V. González-B, *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I* (págs. 289-334). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Magurran, A. (2004). *Measuring Biological Diversity*. Oxford: Blackwell Publishing.

- Maldonado-Ocampo, J. (2001). Peces del área de confluencia de los ríos Meta, Bitá y Orinoco en el municipio de Puerto Carreño, Vichada, Colombia. *Dahlia*. 4, 61-74.
- Maldonado-Ocampo, J., Bogotá-Gregory, J., & Usma, J. (2009). Capítulo 2. Estado de la biodiversidad en el área de estudio a nivel de especies. En M. Romero, J. Maldonado-Ocampo, J. Bogotá-Gregory, J. Usma, U.-V. A., J. Murillo, & E. ... Payán, *Informe sobre el estado de la biodiversidad en Colombia 2007- 2008: piedemonte orinoquense, sabanas y bosques asociados al norte del río Guaviare* (págs. 35-84). Bogotá D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Maldonado-Ocampo, J., Lugo, M., Bogotá-Gregory, J., Lasso, C., Vásquez, L., Usma, J., . . . Provenzano-Rizzi, F. (2005). Peces del río Tomo, cuenca del Orinoco, Colombia. *Biota Colombiana*. 7 (1), 113-128.
- Maldonado-Ocampo, J., Vari, R., & Usma, J. (2008). Checklist of the Freshwater Fishes of Colombia. *Biota Colombiana*. 9 (2), 143-237.
- Mancera-Rodríguez, N., & Álvarez -León, R. (2008). Comercio de Peces ornamentales en Colombia. *Acta Biológica Colombiana*. 13 (1), 23-52.
- Marrero, C., & Machado-Allison, A. (1990). Inventario y notas ecológicas de los peces de los ríos Panaquire, Urba y Yaguapa (cuenca del río Tuy) estado Miranda, Venezuela. *Biollania*. 7, 55-82.
- McGill, B., Etienne, R., Gray, J., Alonso, D., Anderson, M., Benecha, H., White, E. (2007). Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. *Ecology letters*. 10 (10), 995-1015.
- Mesa, L., & Lasso, C. (2013). Capítulo 5: Aproximación geoquímica al subsistema acuático de los morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia. En C. Lasso, A. Rial, & V. González-B, *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I* (págs. 85-96). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Molano, B. (1998). Biogeografía de la Orinoquia colombiana. En C. Domínguez, *Colombia Orinoco* (págs. 96-101). Bogotá, D.C.: Fondo FEN.

- Montaña, C., Layman, C., & Taphorn, D. (2008). Comparison of fish assemblages in two littoral habitats in a Neotropical morichal stream in Venezuela. *Neotropical Ichthyology*. 6 (4), 577-582.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad, M&T-Manuales y Tesis SEA*. Zaragoza: CYTED / ORCYT - UNESCO.
- Murcia-Castillo, M. (2014). *Descripción de la comunidad íctica en un tramo del caño Quenane afluente del río Meta, en el Orinoco colombiano [Tesis de licenciatura en Biología]*. Bogotá, D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Naranjo, L. (1997). *Avifauna acuática residente y migratoria en Colombia*. Bogotá, D.C.: Universidad Pontificia Javeriana.
- Ortiz, L. (2010). *Caracterización de la comunidad de peces, sus hábitos alimentarios y su hábitat, en un estero natural y uno emergente en orocué (Casanare, Colombia) durante el periodo creciente [Trabajo de grado]*. Bogotá, D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- Oyakawa, T., & Mattox, M. (2009). Revision of the Neotropical trahiras of the *Hoplias lacerdae* species-group (Ostariophysi: Characiformes: Erythrinidae) with descriptions of two new species. *Neotropical Ichthyology*. 7 (2), 117-140.
- Palencia, O. (1995). Clave identificatoria para la cuenca alta, de los ríos Uribante, Doradas, Edo, tachira, Venezuela. *Revista Eco. Lan Ve*. 3. (1-3), 83-168.
- Pérez, K., & Mijares, F. (2013). Capítulo 6. Distribución, composición florística, estructura y estado de conservación de los morichales en el departamento de Arauca, Colombia. En C. Lasso, A. Rial, & V. González-B, *Morichales y cananguchales de la Orinoquia y Amazonia: Colombia-Venezuela. Parte I* (págs. 99-118). Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Prieto-Cruz A. 2009. Vegetación. 97-114 pp. En: Villarreal-Leal H., Álvarez-Rebolledo M., Higuera-Díaz M., Aldana-Domínguez J., Bogotá- Gregory J. D., Villa-Navarro F. A., Von Hildebrandt P., Prieto-Cruz A., Maldonado-Ocampo J.A., Umaña-Villaveces A.M., Sierra S. y Forero F. 2009. Caracterización de la biodiversidad de la selva de Matavén (sector centro-oriental) Vichada, Colombia. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von

- Humboldt y Asociación de Cabildos y Autoridades Tradicionales Indígenas de la selva de Matavén (Acatisema). Bogotá, D. C., Colombia. 186 p.
- Ramírez-Gil, H., & Ajiaco-Martínez, R. (2004). *La pesca en la baja Orinoquia Colombiana: una visión integral*. Bogotá, D.C.: Instituto Nacional de pesca y acuicultura, INPA.
- Ramírez-Gil, H., Carrillo, L., Lacera, E., & Ajiaco-Martínez, R. (2001). La pesca de especies de interés ornamental en el área de influencia de Puerto Carreño, Vichada. En H. Ramírez-Gil, & R. Ajiaco-Martínez, *La pesca en la baja Orinoquia colombiana: una visión integral*. (págs. 123-137). Bogotá, D.C.: INPA / Editorial Produmedios.
- Ramón-Valencia, C. (2005). Sinopsis comentada de las especies del género *Bryconamericus* (Teleostei: Characidae) de Venezuela y norte del Ecuador, con la descripción de una nueva especie para Venezuela. *Memoria de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales*. 163, 27-52.
- Ronchi, A. (2011). *Composición y distribución de los ensambles de aves de la planicie de inundación del paraná inferior (entre ríos, Argentina) [Tesis doctoral]*. La Plata, Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Rosales, J., Suárez, C., & Lasso, C. (2010). Capítulo 3. Descripción del medio natural de la cuenca del Orinoco. En C. Lasso, J. Usma, F. Trujillo, & A. Rial, *Biodiversidad de la cuenca del Orinoco: bases científicas para la identificación de áreas prioritarias para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad* (págs. 51-73). Bogotá, D.C.: IAvH / WWF Colombia / Fundación Omacha / Universidad Nacional de Colombia.
- Sioli, H. (1984). The Amazon and its main affluents: hydrography, morphology of the river courses, and river types. *The Amazon*. 56, 127-165.
- Soberón, J., & Peterson, A. (2005). Interpretation of models of fundamental ecological niches and species's distribution areas. *Biodiversity Informatics*. 2, 1-10.
- Stiling, P. (1996). *Ecology: theories and applications*. Nueva York: Prentice Hall.
- Taphorn, B. (2003). *Manual de identificación de los peces Characiformes, de la cuenca del río Apure en Venezuela*. Portuuesa, Venezuela: UNELLEZ / Universidad de siembra.

- Taphorn, B. (2011). *Familias marinas o de agua salobre presentes en la cuenca del río Orinoco, Manual para identificar los peces de la cuenca del río Orinoco*. Portuguesa, Venezuela: Universidad Nacional Experimental de los Llanos [UNELLEZ].
- Urbano-Bonilla, A. (2008). *Clave peces. Clave para las especies venezolanas del género Aequidens*. S.E.
- Urbano-Bonilla, A., & Taphorn, B. (2005). *Llave para la identificación de familias de peces de agua dulce en Venezuela*. S.E.
- Uribe, J., & Orrego, O. (2001). Modelos de distribución de abundancias en comunidades de briófitos. *Caldasia*. 23 (1), 261-267.
- Valderrama, M., & Solano, D. (2004). Estado de la población de bocachico , *Prochilodus magdalenae* (Pisces: Characiformes) y su manejo en la cuenca del río Sinú, Colombia. *Dahlia*. 7, 3-12.
- Villarreal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., & Mendoza, H. (2006). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad*. Bogotá, D.C.: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt.
- Zuniga-Upegui, P., Villa-Navarro, F., Reinoso-Firez, G., & Ortega-Lara, A. (2005). Relacion Longitud - Peso y Frecuencia de Tallas para Los Peces del Género *Chaetostoma* (Siluriformes, Loricariidae) de la Cuenca del Río Coello, Colombia. *Dahlia*. (8), 47-52.