



**Universidad del Azuay**

**Facultad de Ciencia y Tecnología**

**Escuela de Biología, Ecología y Gestión**

**“Riqueza filogenética de peces de aguas continentales de la  
colección de la Universidad del Azuay”**

Trabajo de graduación previo a la obtención del título de:

**Bióloga con mención en Ecología y Gestión**

**Autor:**

Dayan Jakeline Peralta Hermida

**Director:**

Blgo. Edwin Zárate Hugo M.Sc.

**Cuenca-Ecuador**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Primeramente, a Dios por ayudarme a cumplir mi meta Universitaria, ya que, sin él, no lo hubiera logrado.

A mi linda familia mis padres, hermanos, Víctor y mi Francisco Nicolás por ser mi pilar fundamental durante este camino universitario, que me apoyaron, confiaron en mí, en mi capacidad de triunfar y demostrarme que se puede salir adelante con esfuerzo y dedicación.

A mis compañeros, amigos universitarios por acompañarme durante esta etapa.

¡A la carrera de Biología, Ecología y Gestión por inspirarme a ser parte de ella y conocer más a la Naturaleza!

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Universidad del Azuay, a mis profesores por compartir sus conocimientos, compañeros, personal administrativo por acogerme dentro de su hogar Universitario. A mi tutor de tesis, Blgo. Edwin Zarate, y su equipo de Laboratorio de Limnología de la Universidad del Azuay por compartir sus datos para realizar mi tesis de grado.

A mi tribunal de tesis Dra. Raffaella Ansaloni y Eclgo. David Siddons por compartir sus conocimientos y recomendaciones. A mi compañero y colega Blgo. Carlos Padrón que con su ayuda y asesoramiento ha invertido un granito de arena en el desarrollo de esta tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria .....	ii
Agradecimientos .....	iii
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
Capítulo 1. Introducción.....	1
1.2 Objetivos .....	3
1.2.1 Objetivo general.....	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
Capítulo 2. Metodología .....	4
2.1 Área de estudio:.....	4
2.1.1 Descripción de Sectores Biogeográficos .....	4
2.2 Métodos .....	6
2.3 Análisis de datos.....	6
2.3.1 Filogenia: .....	6
2.3.2 Método de Máxima Parsimonia (MP): .....	6
2.3.3 Análisis de distribución espacial.....	7
Capítulo 3. Resultados .....	8
3.1 Filogenia.....	8
3.2 Distribución geográfica: .....	10
3.3 Especies con amplia distribución. ....	12

3.4 Filogenias por sectores Biogeográficos.....	17
Capítulo 4. Discusión.....	25
Capítulo 5. Conclusiones .....	29
Bibliografía .....	31
Anexos .....	38

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS

Figura 1. Mapa de regiones biogeográficas y cuencas hidrográficas.....	5
Figura 2. Clado 1.....	9
Figura 3. Clado 2.....	10
Tabla 1. Riqueza de especies de peces en las Zonas Biogeográficas.....	11
Figura 4. Mapa de especies de peces en sectores de interés .....	23
Tabla 2. Especies con amplia distribución. Parte 1.....	13
Tabla 2.1. Especies con amplia distribución. Parte 2.....	14
Figura 5. Mapa de sectores biogeográficos con mayor distribución de especies de peces.....	16
Figura 6. Filogenia Chocó Ecuatorial y Jama Zapotillo .....	21
Figura 7. Filogenia Cordilleras Amazónicas y Aguarico Putumayo.....	22
Figura 8. Filogenia Norte de las Cordillera de los Andes y Sur de la Cordillera Oriental.....	23

Figura 9. Filogenia Napo Curaray y Cordilleras Occidentales ..... 24

## RESUMEN

En este trabajo final estudiamos las relaciones filogenéticas de las especies de peces presentes en la base de datos de la colección de la Universidad del Azuay. Se obtuvo información de sus códigos genéticos disponibles en los sitios web GENBANK & BOLDSYSTEMS. La información fue analizada mediante el software SEA-VIEW que nos permitió definir el cladograma general de las especies y para cada uno de los sectores biogeográficos del Ecuador. Se establecieron las relaciones de cercanía o distancia filogenética de 119 especies, siendo *Astroblepus longifilis* y *Abramites hypselonotus* las especies más distantes, mientras que el sector biogeográfico Jama Zapotillo fue el que presentó mayor diversificación.

Palabras clave: Cronograma, Sectores Biogeográficas, Códigos Genéticos.



Blgo. Edwin Zarate Hugo MSc.

Director de Tesis



Blgo. Antonio Crespo Ampudia. PhD.

Coordinador de Escuela de Biología



firmado electrónicamente por:  
DAYAN JAKELINE  
PERALTA HERMIDA

Dayan Peralta Hermida

Estudiante - Autora

## ABSTRACT

For this final paper we have studied the phylogenetic relationships of the fish species present in the database of the collection of the University of Azuay. Information was obtained from their genetic codes available on the GENBANK & BOLDSYSTEMS websites. The information was analyzed using the SEA-VIEW software that allowed us to define the general cladogram of the species and for each of the biogeographical sectors of Ecuador. Phylogenetic proximity or distance relationships were established for 119 species, with *Astroblepus longifilis* and *Abramites hypselonotus* being the most distant species, while the Jama Zapotillo biogeographic sector was determined to be the one with the greatest diversification.

**Keywords:** Chronogram, Biogeographic Sectors, Genetic Codes.

Blgo. Edwin Zarate Hugo MSc.

Director de Tesis

Blgo. Antonio Crespo Ampudia PhD.

Coordinador de Escuela de Biología



Firmado electrónicamente por:  
DAYAN JAKELINE  
PERALTA HERMIDA

Dayan Peralta Hermida

Estudiante - Autora





# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

Los ríos son los ecosistemas naturales más utilizados por las poblaciones humanas, puesto que además de servir como fuente de agua para diferentes usos, constituyen el hábitat de una gran cantidad de especies (Barnhill et al. 1974), en las que destaca la ictiofauna continental neotropical que representa aproximadamente el 24% de la totalidad de los peces del mundo y 12,5 % de la biodiversidad de vertebrados (Vari y Malabarba, 1998). Los peces son el grupo más diverso de todos los vertebrados, con aproximadamente 28.900 especies según la base de datos de FishBase (Lévêque et al., 2008), Nelson (2006) estima que el número total de peces puede alcanzar las 32.500 especies.

La riqueza de una comunidad se fija a lo largo del tiempo influenciada por factores bióticos y abióticos, como la presencia de especies competidoras o la variabilidad ambiental (Ricklefs, 2004; Graham, 2006; Leibold y McPeck, 2006; Graham et al., 2009). Los procesos a escala regional y local pueden interactuar para determinar la riqueza de especies de la comunidad (Harrison y Cornell, 2008). Estos procesos pueden dar como resultado patrones filogenéticos no aleatorios en la composición de las comunidades (Webb et al., 2002; Cavender-Bares et al., 2009; Vamosi et al., 2009).

La biodiversidad ha sido medida en función de la diversidad taxonómica, asándose principalmente en la riqueza de especies, es decir el número de especies presentes en un área determinada (Chao y Jost, 2012). No obstante, el empleo de la riqueza de especies ha sido criticado ya que esta medida no considera ningún tipo de diferencia entre las especies ecológicas y evolutivas, y asigna un valor idéntico a cada una de ellas, lo que ocasiona algunas limitaciones para identificar de manera eficaz los cambios en la biodiversidad (Hillebrand et al., 2018). La diversidad filogenética es una

medida de biodiversidad que nos dice qué tan diferentes son las especies de un lugar en términos de la historia evolutiva que comparten entre sí, es una de las dimensiones de la biodiversidad que ha cobrado gran relevancia dentro de los estudios de conservación de la diversidad biológica (Tucker et al., 2017). Nos explica cómo a través del tiempo, como una representación de las diferencias en las características entre linajes, es decir nos muestra algo que la riqueza de especies no puede: tiempo, y, por tanto, historia. (Chao y Jost, 2012). La diversidad filogenética expresa las relaciones evolutivas entre un conjunto de taxones (Winter et al., 2013) y que, a diferencia de la diversidad taxonómica, puede reflejar la diversidad de las características (fenotípicas y genéticas) que estos poseen (Faith, 1992, 1994).

Los estudios de variabilidad genética en poblaciones naturales es una herramienta fundamental en la determinación de unidades evolutivas naturales (Amos & Balmford 2001). La valoración de los niveles de diversidad genética de cada especie es la estimación de la existencia de un recurso a conservar, el cual es uno de los componentes de la biodiversidad (nivel genético) (Lowe et al. 2004). Estudios de secuencias de ADN permiten inferir el nivel de variabilidad genética en un contexto espacial, el grado de flujo génico entre diferentes poblaciones locales, y los grados de parentesco entre grupos de organismos (Avice 2000, 2004; Hartl & Clark 1997).

La incorporación de la clasificación filogenética en estudios de biodiversidad comenzó en la década de 1990 y a partir de entonces esta área de investigación se ha desarrollado rápidamente debido a la creciente disponibilidad de árboles filogenéticos y de herramientas informáticas para analizarlos (Cavender-Bares et al. 2009). La clasificación filogenética ha contribuido a la identificación de taxones y áreas prioritarias para conservación (Forest et al., 2007; Mi et al., 2012) y al entendimiento del funcionamiento de los ecosistemas (Cadotte et al., 2012; Srivastava et al., 2012) y de los procesos que determinan el mantenimiento de la diversidad (Cavender-Bares et al., 2009), su aplicación e importancia siguen siendo un tema controvertido muchas veces por la ausencia de información estratificada (Winter et al., 2013).

La clasificación filogenética ha aportado a muchos estudios como el calcular a través de la suma de la distancia entre esas especies en un árbol filogenético. Un árbol filogenético es, en busca de una analogía menos rebuscada, un árbol genealógico, que, en vez de mostrar a nuestros hermanos, padres, tíos, abuelos y tatarabuelos, nos muestra las relaciones entre las especies considerando su ancestral; efectivamente describiendo el grado de parentesco entre las especies. Estas relaciones entre las especies se pueden reconstruir usando diferentes pistas, como serían los registros fósiles o el material genético de las especies, ayudándonos a calibrar el árbol filogenético (aportándole la edad a las especies y sus ancestros). Si el árbol filogenético está calibrado, es decir, la longitud de sus ramas corresponde al tiempo transcurrido desde la separación de dos especies, entonces podríamos saber qué tanto tiempo pasó entre el origen de un grupo al identificar la edad del ancestro común entre dichos grupos (Winter et al. 2013).

Debido a la ausencia de información sobre la ictiofauna del Ecuador, nos planteamos la pregunta de cómo varía la riqueza filogenética de las especies de peces de la colección de la Universidad del Azuay, en los ocho sectores biogeográficos establecidos para el Ecuador (MAE 2013). Esto a través del análisis de la señal filogenética en rasgos ecológicamente importantes de las especies estrechamente relacionadas (Blomberg, Garland e Ives, 2003).

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo general.**

- Establecer la relación filogenética de las diferentes especies de la comunidad de peces de la colección de la Universidad del Azuay y relacionar con los sectores biogeográficos para el Ecuador.

### **1.2.2 Objetivos específicos.**

- Analizar las relaciones filogenéticas de la colección de peces de la UDA.
- Analizar la riqueza filogenética en los ocho sectores biogeográficos establecidos para el Ecuador.

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1 Área de estudio:**

El Ecuador es reconocido a nivel mundial por su riqueza florística y faunística, cuenta con tres regiones, Costa, Sierra y Amazonía la cual está asociada a una serie de variables ambientales como: el clima, el relieve, el suelo, regímenes de inundación, entre otros factores. La biogeografía estudia las áreas de distribución de las especies, los patrones resultantes de estos estudios permiten identificar los centros de origen y dispersión de las especies, así como comprender los patrones espaciales de la diversidad biológica (Brown y Lomolino 1998). En Ecuador se han identificado ocho regiones biogeográficas (MAE 2012).

#### **2.1.1 Descripción de Sectores Biogeográficos**

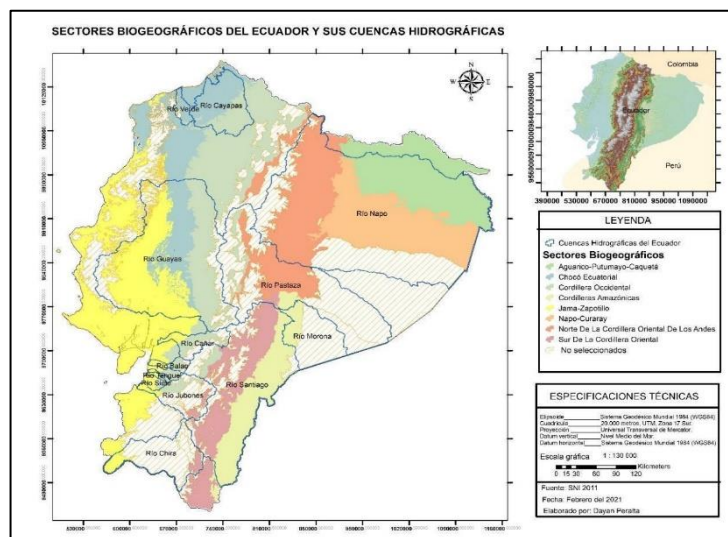
Un sector biogeográfico se entiende como un área cuyo tamaño varía de 10 a 200 km, se encuentra determinada por características tales como alta diversidad de flora y fauna. En el análisis biofísico, están demarcadas por elementos bioclimáticos, fisiográficos y geomorfológicos, así también según su vegetación y las asociaciones que forman (MAE, 2013).

En Ecuador la región de los Andes está conformada por una gran cadena montañosa, y posee una extensión aproximada de 800 km de longitud y 100-200 km de ancho, va desde el río Carchi hasta el río Macará. Configurada por: montes, nevados, volcanes, páramos altos andinos, cumbres, valles y lagunas. La temperatura se ve reflejada según los metros de altura que se avance, por ejemplo, de 1500 y 3000 la temperatura varía entre los 8 y 20°C, con una disminución de ~5°C por cada 1000. Los principales sistemas hidrográficos de oriente y occidente del Ecuador se originan en los páramos

de la sierra; en esta región se encuentra el sector geográfico Norte de la Cordillera, Sur de la Cordillera Oriental de los Andes y Cordillera Occidental (Varela & Ron, 2020).

La región del Litoral va desde el nivel del mar hasta alturas de 1000 msnm, sus dimensiones aproximadas son 670 km de largo y 150 km de ancho, va desde el río Mataje hasta el río Zarumilla. Compuesta por paisajes de: llanuras bajas, cuencas sedimentarias, zonas de piedemonte y varias cordilleras consta de 120.000 Km<sup>2</sup>. Extendida desde la cordillera de los Andes hasta la frontera con Colombia y Perú. La temperatura media varía entre los 24 a 25°C, con máximas de 40°C; en esta región se encuentran los sectores: Aguarico-Putumayo-Caquetá, Napo-Curaray y Cordilleras Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Cordilleras Amazónicas, Jama- Zapotillo, Chocó Ecuatorial, Sur de la cordillera Oriental, Cordillera Occidental, Cordilleras Amazónicas y Napo Amazónicas (Varela & Ron, 2020).

Por otro lado, en el Ecuador existen 31 cuencas hidrográficas y en este estudio se considera 13 cuencas; en donde se ubican los registros analizados: Balao, Cañar, Cayapas, Chira, Guayas, Jubones, Morona, Napo, Pastaza, Santiago, Siete, Tenguel, y Verde (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de regiones biogeográficas y cuencas hidrográficas.

**Fuente:** SIN, 2011, elaborado por la autora

## **2.2 Métodos**

La base de datos de la colección de peces UDA cuenta con 1722 individuos pertenecientes a 174 especies. Para el análisis filogenético se obtuvieron las secuencias de nucleótidos. La información genética fue obtenida en los sitios web NCBI (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov>) y BOLDSYSTEMS (<https://www.boldsystems.org>). Estos sitios almacenan datos genéticos de diferentes especies de seres vivos a nivel global. En esta base de datos se logró encontrar la información genética de 119 especies de peces de la colección de peces de la UDA.

## **2.3 Análisis de datos**

### **2.3.1 Filogenia:**

La interpretación de las diferentes secuencias de nucleótidos se llevó a cabo mediante el programa SEA VIEW (Gouy, Gascuel, Guindon, 2009). Esta herramienta de la bioinformática permite analizar datos genéticos mediante la construcción de cladogramas o árboles filogenéticos, que posibilitan interpretar las relaciones taxonómicas y filogenéticas que ocurren dentro de una población o comunidad a estudiar. Para este análisis, nos basamos en el gen Citocromo Oxidasa I, se estudiaron un total de 119 secuencias mismas que representan a las especies; estas secuencias fueron alineadas y recortadas para obtener un mismo rango de comparación, por lo que se utilizó un total de 371 nucleótidos por secuencia (Bonilla-Rivero & López-Rojas 2012; Ortiz, Li, & Pires-Farías 2005).

### **2.3.2 Método de Máxima Parsimonia (MP):**

Este método fue desarrollado por Edwards y Cavalli-Sforza en 1963 (Gonzalez-Cazati, 2007). El MP nos permitió clasificar o agrupar datos genéticos mediante la construcción de filogenias, que en un menor rango de cambios evolutivos expliquen las relaciones filogenéticas taxonómicas que existen dentro de una comunidad (Ruiz-

García & Alvarez, 1999). La base del MP radica en el principio de que “En igualdad de condiciones, la solución más sencilla es probablemente la correcta” (Rodríguez, 2013).

### **2.3.3 Análisis de distribución espacial.**

La base de datos de la colección analizada cuenta con coordenadas geográficas lo que facilitó la ubicación de cada registro en cada una de las regiones; esto fue realizado con la ayuda del programa ArcGIS (versión 10.3.). De esta manera se pudo separar los registros por región, realizar las filogenias y observar las diferencias en cada uno de los sectores biogeográficos del Ecuador (MAE 2013).

## Capítulo III

### RESULTADOS

La base de datos de la colección de peces de la UDA cuenta con 1722 individuos pertenecientes a 11 órdenes, 40 familias, 95 géneros y 174 especies. En lo que concierne al análisis de riqueza de géneros, podemos mencionar que: la familia con mayor presencia de géneros fue Characidae con 17 géneros, seguida de Loricariidae con 12 géneros y finalmente Cichlidae con 7 géneros (ver Anexo 1, 2, 3).

#### 3.1 Filogenia

En el cladograma obtenido, basado en el principio de parsimonia (Gonzalez-Cazati 2007), y desde una revisión horizontal (representa tiempo o número de eventos de especiación), observamos que de la raíz del cladograma nacen dos ramificaciones o nodos, dando lugar a la formación de dos grupos de gran envergadura, que los denominados Clado uno y Clado dos para efectos de interpretación. Considerando el análisis vertical del cladograma general, podemos claramente distinguir que las especies más distantes filogenéticamente en la actualidad son: *Astroblepus longifilis* y *Abramites hypselonotus*.

A su vez el Clado uno, se subdivide y llama la atención que en esta primera ramificación (hacia la parte inferior) una especie se manifiesta como la que no ha sufrido mayores cambios en el tiempo: *Cynodon gibbus* (Figura 2) debido a que no presenta ramificaciones; mientras que, en este mismo clado en la ramificación superior, observamos que se forman numerosas y variadas ramificaciones. Observamos que las especies más antiguas presentan menor número de ramificaciones o eventos de especiación son *Astroblepus longifilis*, *Hyphessobrycon*, *Andinocara pulcher*, *Mesoheros festae*, *Corydoras sp.*, *Dianema longibarbis*, *Vandellia cirrhosa*, y las especies que presentan mayor número de ramificaciones son *Pseudocurimata Boulengeri* y *Pseudocurimata troschelii*, lo que sugiere que estas últimas son especies relativamente recientes.



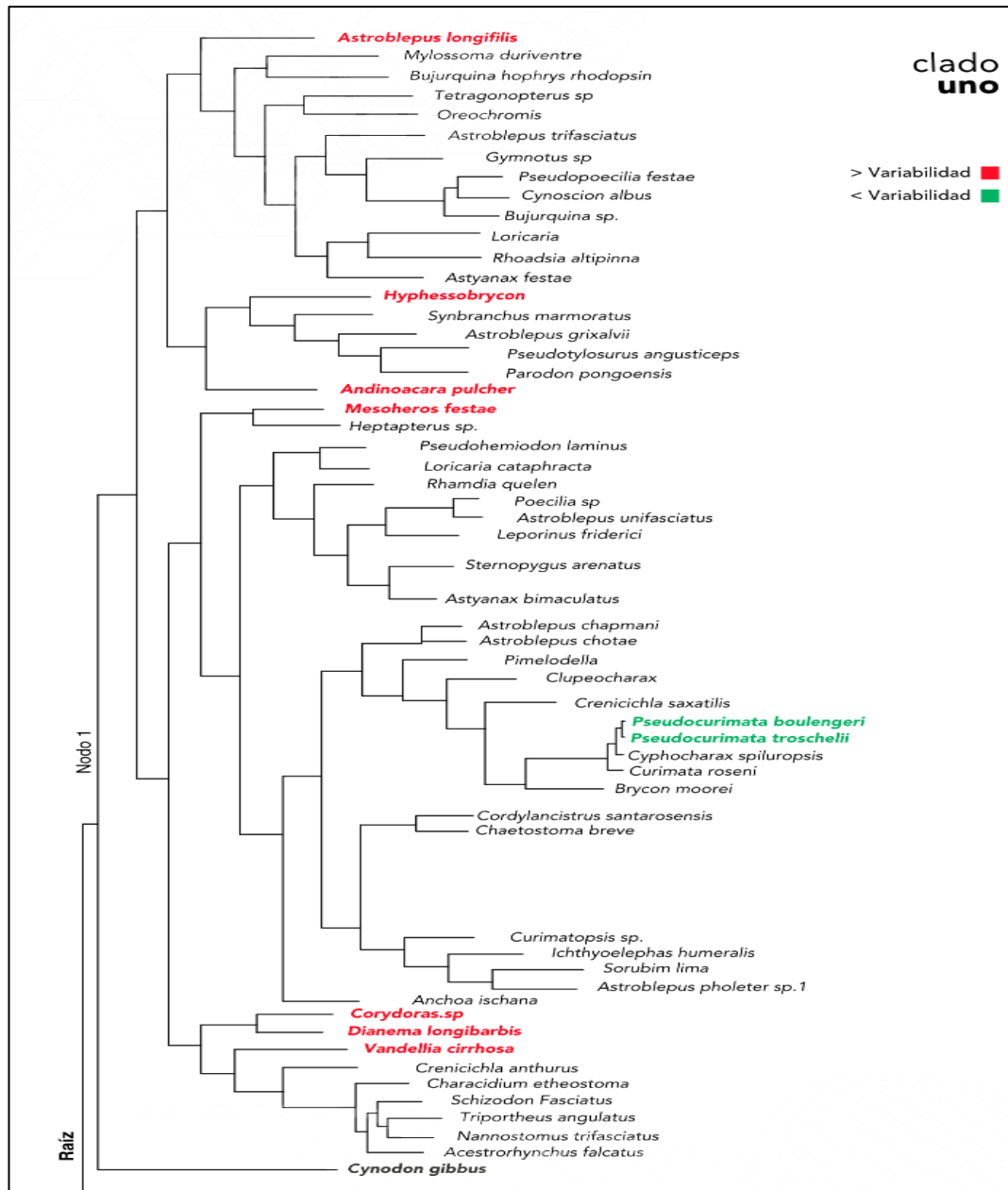


Figura 2. Clado 1

En el Clado dos, se puede notar que en su primera ramificación se forman dos subgrupos, el primero de estos, en la parte superior, podemos ver qué forma un subgrupo pequeño conformado por solo tres especies, que no presentan muchos eventos de especiación, lo que sugiere son especies antiguas: *Farlowella knerii*, *Leporinus ecuadorensis*, *Cichlasoma festae*. Del segundo subgrupo de este mismo Clado, podemos notar que existe un considerable número de especies que no exhiben muchos eventos de especiación, mientras que existe otro subgrupo que, si exhibe muchos eventos de especiación, al final del cladograma, considerando así que estas

especies son las de más reciente formación y además son cercanas filogenéticamente, a saber: *Knodus gamma*, *Creagrutus sp.*, *Hoplias malabaricus*, *Thoracocharax stellatus*. (Figura 3)

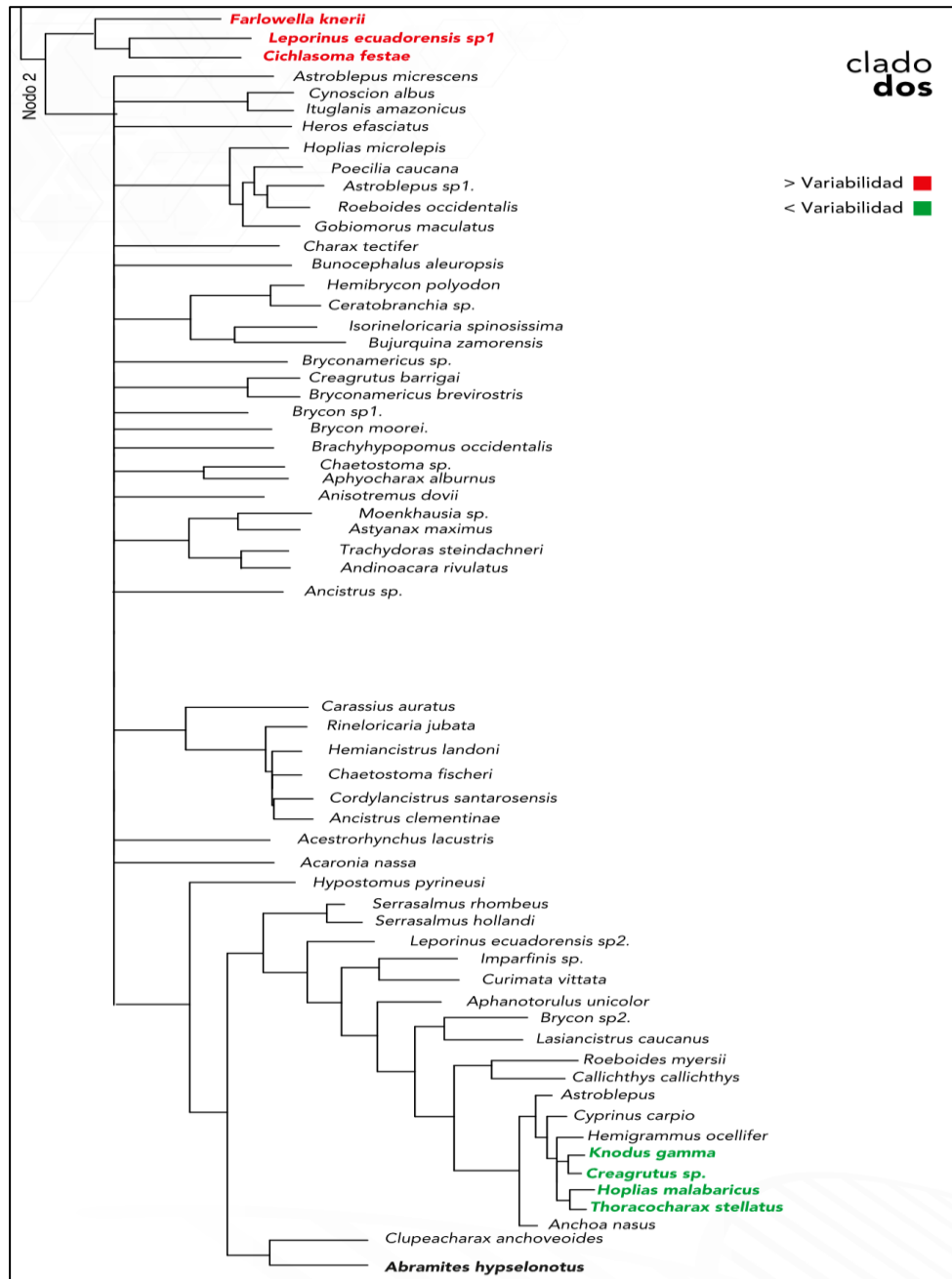


Figura 3. Clado 2

### 3.2 Distribución geográfica:

En cuanto a la distribución geográfica y mediante un análisis de presencia de especies de peces podemos mencionar que las regiones biogeográficas con una mayor riqueza

fueron la región Jama-Zapotillo que reportó una riqueza de 47 especies, Cordilleras Amazónicas con 45 especies, Chocó Ecuatorial con 42 especies y Aguarico-Putumayo-Caquetá con 41 especies; las regiones biogeográficas: Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Sur de la Cordillera Oriental, presentaron una riqueza con un nivel medio con 30 y 20 especies respectivamente; mientras que la zona Cordillera Occidental y Napo-Curaray presentaron la menor riqueza de especies con 11 y 8 especies respectivamente (Tabla 1).

**Tabla 1.** Riqueza de especies de peces en las Zonas Biogeográficas.

<b>Zona Biogeográfica</b>	<b>Riqueza</b>
JAMA-ZAPOTILLO	47
CORDILLERAS AMAZÓNICAS	45
CHOCÓ ECUATORIAL	42
AGUARICO-PUTUMAYO-CAQUETÁ	41
NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES	32
SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL	21
CORDILLERA OCCIDENTAL	11
NAPO CURARAY	8

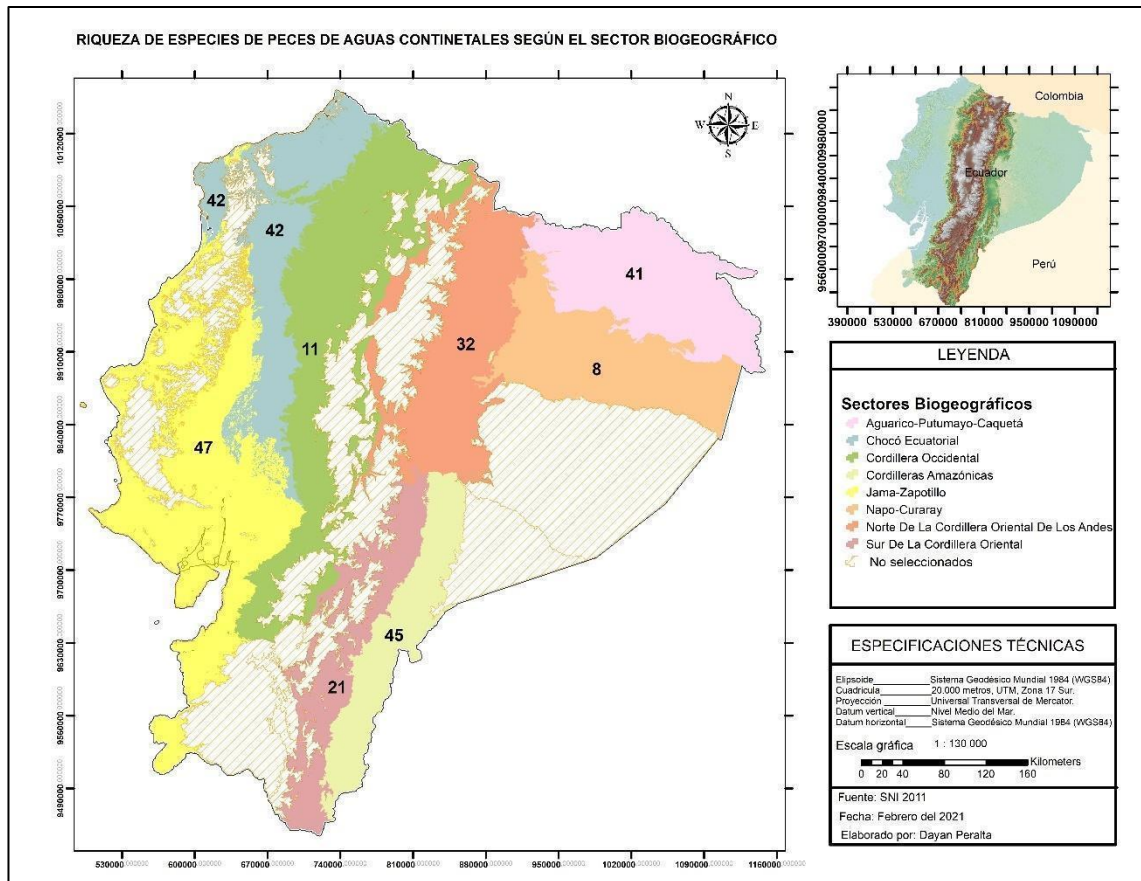


Figura 4. Mapa de especies de peces en sectores de interés.

Fuente: SIN, 2011, elaborado por la autora

### 3.3 Especies con amplia distribución.

De acuerdo con el análisis de presencia de especies en los diferentes sectores biogeográficos, es posible apreciar que la especie con mayor distribución es *Astroblepus cyclopus*, presente en 5 sectores; seguido de *Astroblepus micrescens* presente en 4 regiones (Tabla 2). Por otra parte, las especies: *Brycon posadae*, *Chaetostoma breve*; *Ceratobranchia elatior*; y *Pseudocurimata boulengeri*, estuvieron presentes en tres zonas biogeográficas ver (Anexo 4); Cabe mencionar que los sitios que tuvieron una mayor relación por la presencia de especies en común fueron Chocó Ecuatorial y Jama-Zapotillo, junto a Cordilleras Amazónicas y Sur de la Cordillera Oriental. Finalmente se observó que la mayoría de las especies presentes en Napo-Curaray tenían una distribución restringida a este sector.

**Tabla 2.** Especies con amplia distribución. Parte 1.

Especie/Sitio	Aguarico- Putumayo- Caquetá	Chocó Ecuato rial	Cordill era Occide ntal	Cordille ras Amazón icas	Jama- Zapot illo	Napo- Cura ray	Norte De La Cordill era Orient al De Los Andes	Sur De La Cordill era Orient al
<i>Anablepsoides_urop hthalmus</i>				x			x	
<i>Ancistrus_clementin ae</i>		X			x			
<i>Andinoacara_rivulat us</i>		X		x	x			
<i>Astroblepus_chotae</i>		X						x
<i>Astroblepus_cyclop us</i>			X	x	x		x	x
<i>Astroblepus_grixalvi i</i>		X	X					
<i>Astroblepus_micres ens</i>			X	x	x			x
<i>Astroblepus_pholet er</i>				x			x	
<i>Astroblepus_sp</i>			X	x				x
<i>Astroblepus_trifasci atus</i>				x			x	
<i>Astroblepus_unifasc iatus</i>							x	x
<i>Astyanax_bimaculat us</i>				x			x	x
<i>Astyanax_festae</i>		X			x			
<i>Astyanax_sp</i>				x	x		x	
<i>Brycon_alburnus</i>		X			x			
<i>Brycon_posadae</i>		X	X		x			
<i>Brycon_sp</i>				x				x
<i>Bryconamericus_bre virostris</i>		X			x			

<i>Callichthys callichthys</i>				x	x			
<i>Ceratobranchia elatior</i>				x			x	x
<i>Cetopsis montana</i>				x			x	
<i>Chaetostoma breve</i>				x			x	x
<i>Chaetostoma platyrhynchus</i>	x						x	
<i>Chaetostoma sp</i>				x				x

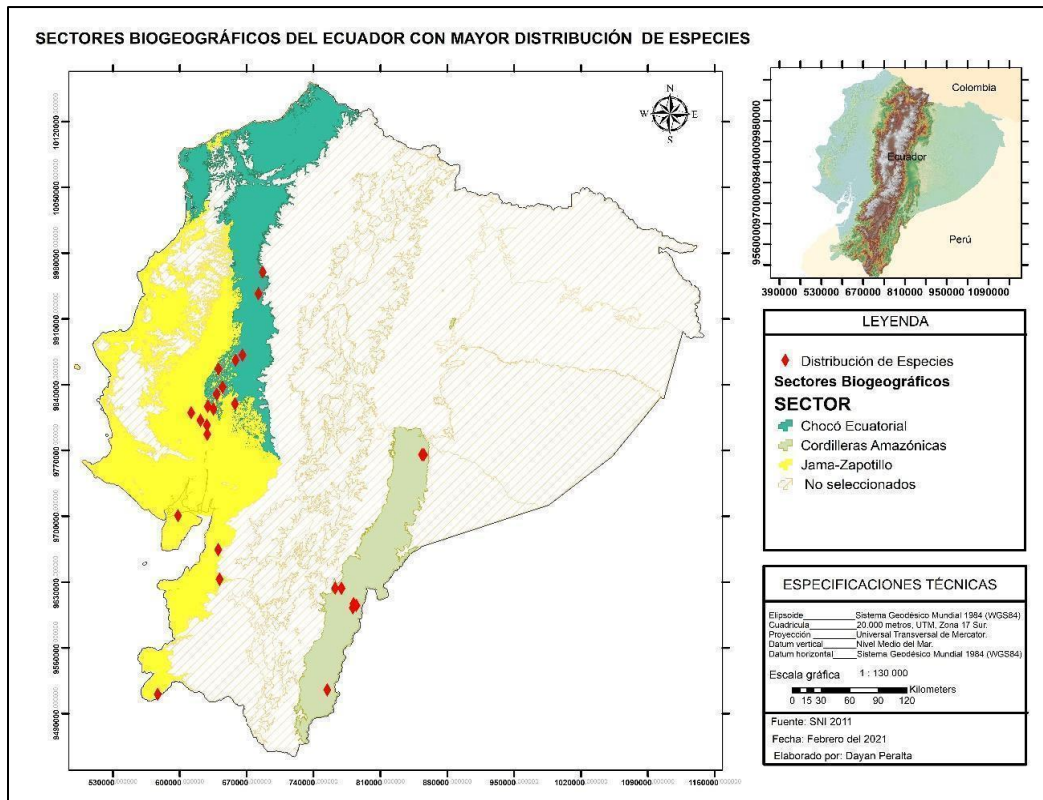
## Continuación

**Tabla 2.1** Especies con amplia distribución. Parte 2.

Especie/Sitio	Aguarico- Putumayo- Caquetá	Chocó Ecuatorial	Cordillera Occidental	Cordilleras Amazónicas	Jama- Zapotillo	Napo- Curaray	Norte De La Cordillera Oriental De Los Andes	Sur De La Cordillera Oriental
<i>Cichlasoma festae</i>		X			X			
<i>Creagrutus amoensis</i>							X	X
<i>Creagrutus kunturus</i>				X				X
<i>Crenicichla anthurus</i>				X			X	
<i>Gobiomorus maculatus</i>				X			X	
<i>Hemibrycon pautensis</i>		X			X			
<i>Hemigrammus sp</i>				X				X
<i>Heptapterus sp</i>	X					X		
<i>Heros efasciatus</i>						X		X
<i>Hoplias malabaricus</i>	X					X		
<i>Hoplias microlepis</i>	X	X					X	

<i>Hyphessobrycon_ecuadorensis</i>		X			X			
<i>Ichthyoephalus_humeralis</i>			X		X			
<i>Isorineloricaria_spinosissima</i>			X		X			
<i>Ituglanis_amazonicus</i>			X		X			
<i>Lebiasina_bimaculata</i>				X				X
<i>Leporinus_ecuadorensis</i>			X	X	X			
<i>Microglanis_variegatus</i>		X			X			
<i>Moenkhausia_napensis</i>			X		X			
<i>Oreochromis_aureus</i>				X			X	
<i>Peckoltia_bachi</i>		X			X			
<i>Piabucina_elongata</i>	X					X		
<i>Pimelodella_sp</i>				X				X
<i>Poecilia_reticulata</i>	X							X
<i>Pseudocurimata_boulengeri</i>			X	X				X
<i>Pseudopoecilia_festae</i>		X			X			
<i>Pseudopoecilia_fria</i>		X			X			
<i>Rhamdia_quelen</i>		X			X			
<i>Rhodasia_altipina</i>				X	X			
<i>Saccodon_terminalis</i>		X			X			
<i>Saccodon_wagneri</i>		X	X		X			
<i>Sicydium_hildebrandi</i>		X	X		X			
<i>Synbranchus_marmoratus</i>		X			X			
<i>Transancistrus_santarosensis</i>		X					X	

<i>Trichomycterus_tae nia</i>		X	X		X			
-----------------------------------	--	---	---	--	---	--	--	--



**Figura 5.** Mapa de sectores biogeográficos con mayor distribución de especies de peces.

**Fuente:** SIN, 2011, elaborado por la autora

En lo que se refiere a la relación entre filogenia y distribución, podemos comentar que existen especies que, a más de compartir una estrecha relación filogenética, poseen una distribución relicta al sector Aguarico Putumayo Caqueta: *Mylossoma duriventre* y *Bujurquina hophrys*, *Triporthus angulatus*, *Nannostomus trifasciatus*, *Serrasalmus rhombeus* y *Serrasalmus hollandi*. De igual manera en el caso de: *Leporinus ecuadorensis*, *Leporinus fasciatus*, *Pseudocurimata boulengeri*, *Pseudocurimata troschellii*, *Cynoscion albus* y *Ituglanis amazonicus* presentes únicamente en la región de Jama-Zapotillo.



### 3.4 Filogenias por sectores Biogeográficos

Con respecto al análisis filogenético por sectores biogeográficos, es importante recalcar las relaciones que sobresalen en cada una de los 8 sectores; en Chocó Ecuatorial en el cladograma resalta la división en dos nodos que dan paso a clados en donde sobresale la relación de las especies *Pimelodella grisea*; *Hoplias microlepis*; *Hoplias malabaricus*; *Astroblepus grixalvii*; *Astroblepus chotae* y *Gobiomorus maculatus*, mismas que muestran un menor número de cambios en el tiempo, (Figura 6). mientras que en **Jama Zapotillo** es posible diferenciar dos clados, es importante mencionar a la especie *Bryconamericus brevirostris*; misma que se muestra como el ancestro de las especies que ocurren en el sector; por otra parte, las especies con un mayor número de cambios con respecto a *Bryconamericus brevirostris* son: *Pseudocurimata boulengeri* y *Leporinus fasciatus* (Figura 6).

En lo que respecta a **Cordilleras amazónicas** es posible visualizar dos entramados principales, el superior presenta seis agrupaciones mientras que la sección inferior se subdivide en 12 subgrupos. Mencionando **Aguarico Putumayo** en el análisis se observa dos ramificaciones principales, en la estructura superior se aprecia nueve conjuntos, mientras que en la inferior se denotan el mismo número de grupos que en la estructura superior (Figura 7.), Estos dos sectores presentan muchos eventos de especiación.

Por otra parte, en el **Norte de la cordillera de los Andes** Se aprecia dos ramificaciones principales, la superior cuenta con seis subagrupaciones mientras que la inferior muestra cinco, en este sector se destaca la fuerte relación de: *Callichthys callichthys* y *Heptapterus sp.* En el **Sur de la cordillera oriental** se puede divisar tres nodos principales, es importante destacar a *Parodon pongoensis*, la cual es posiblemente el ancestro común de las demás especies en el sector (Figura 8).

En la región **Napo Curaray** se observaron dos ramificaciones principales, la primera con una sola especie y la otra ramificación con cuatro subdivisiones en diferentes niveles. Al parecer *Brycon posadae*, es una de las especies más antiguas de este sector,

finalmente, en la región **Cordilleras Occidentales**, podemos ver dos clados principales; es importante mencionar que en este sector las especies analizadas tenían una distribución exclusiva, es decir, con especies que no se presentan en otros sectores. (Fig. 9.)

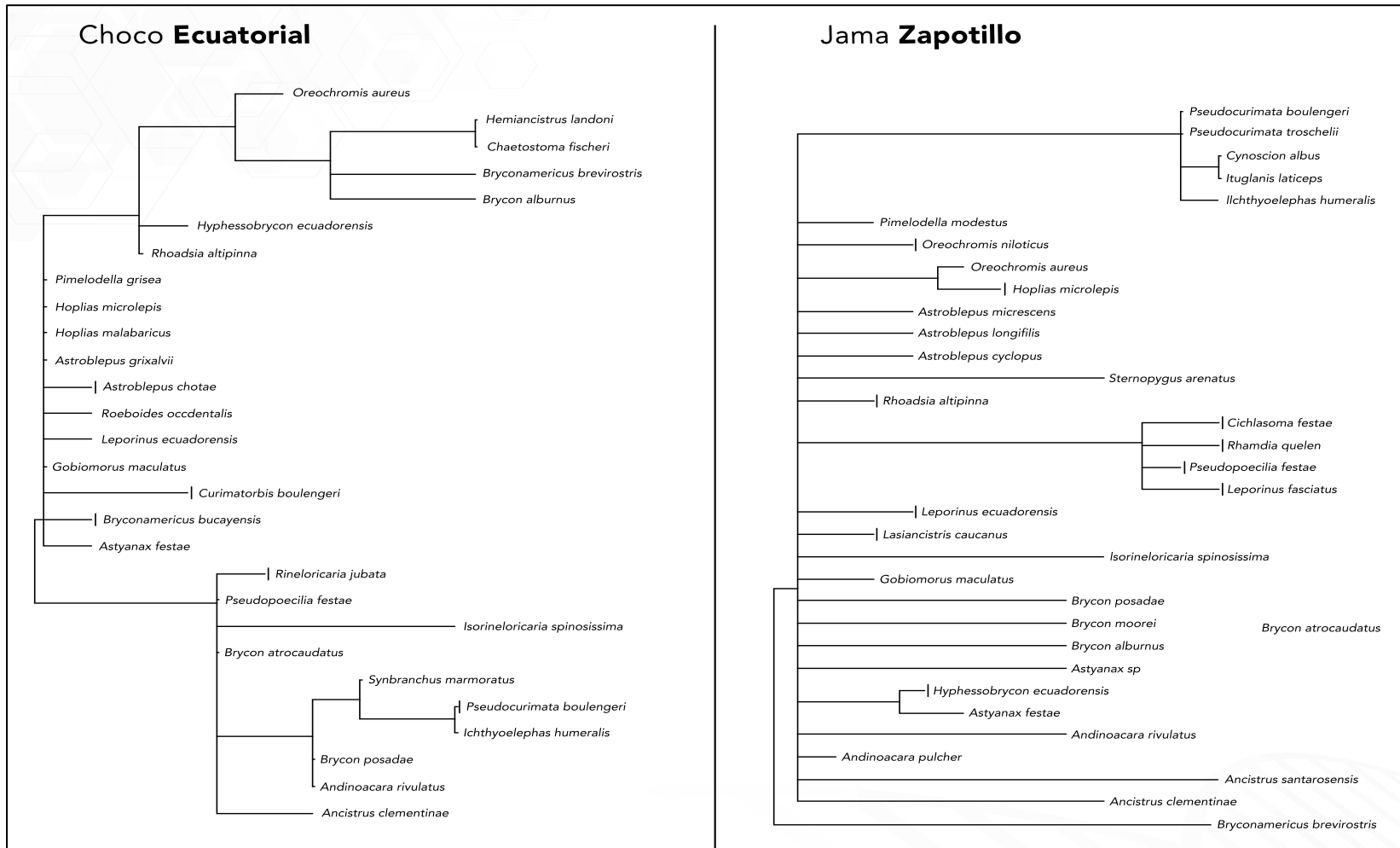


Figura 6. Filogenia Choco Ecuatorial y Jama Zapotillo.

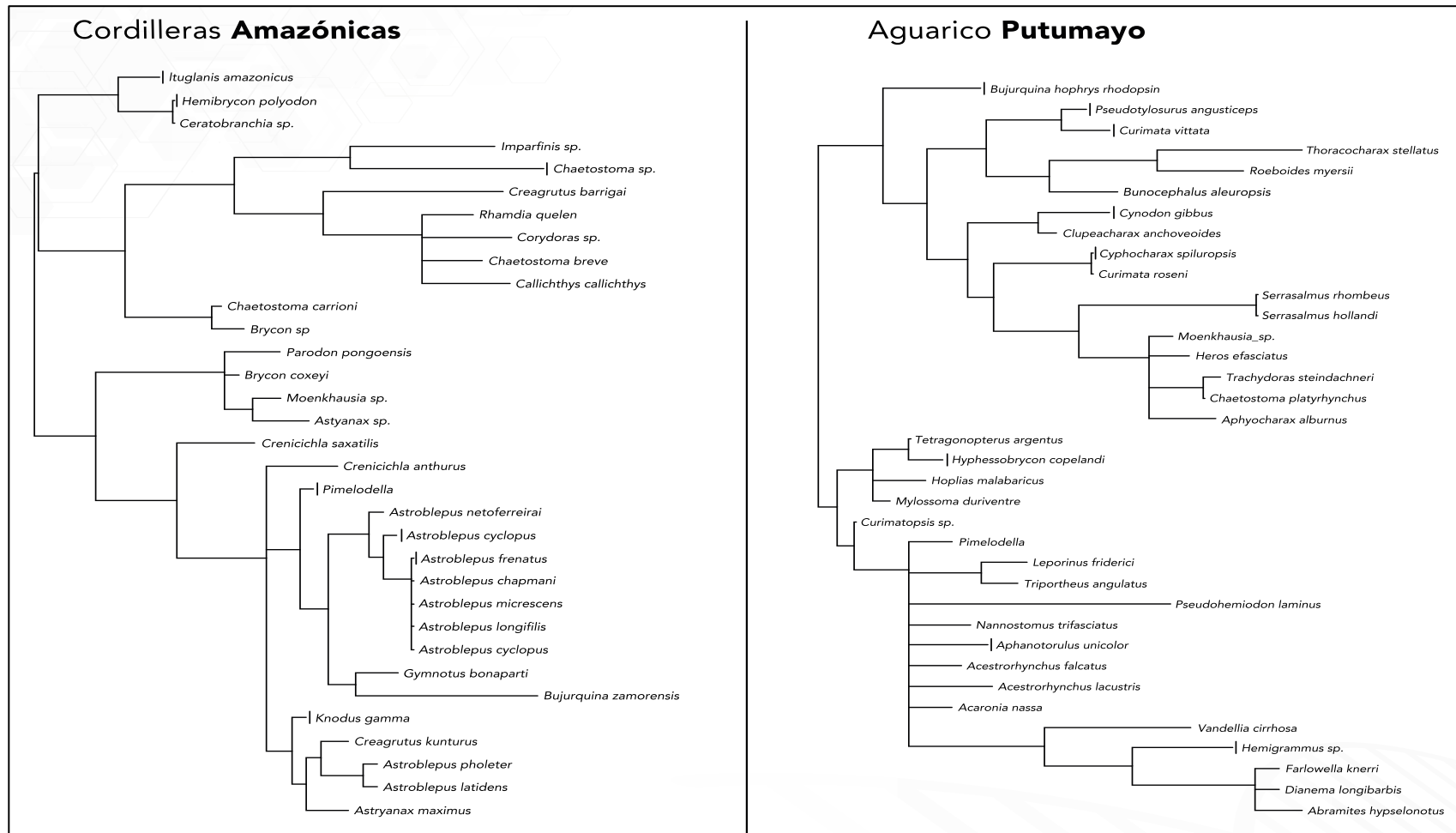
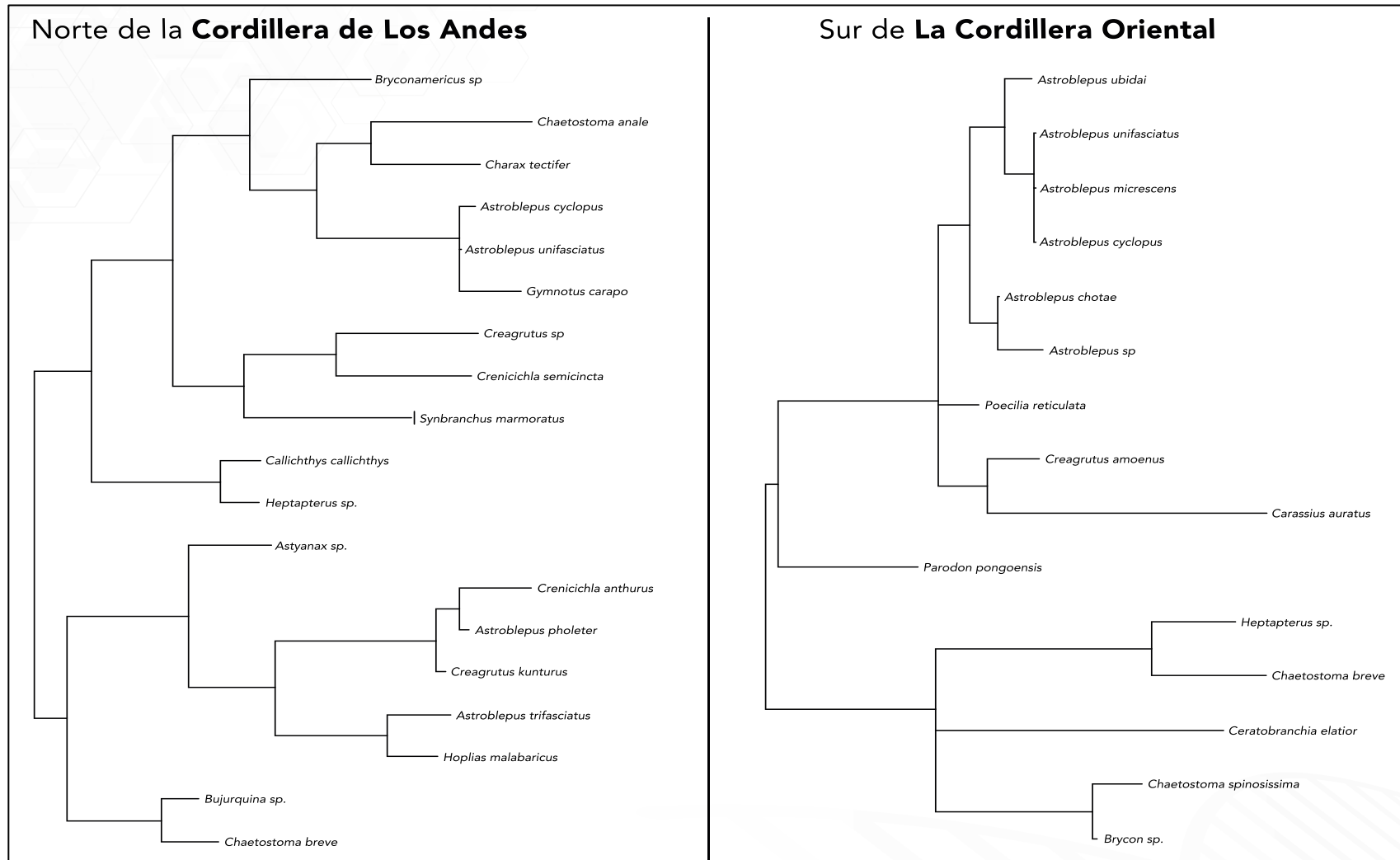
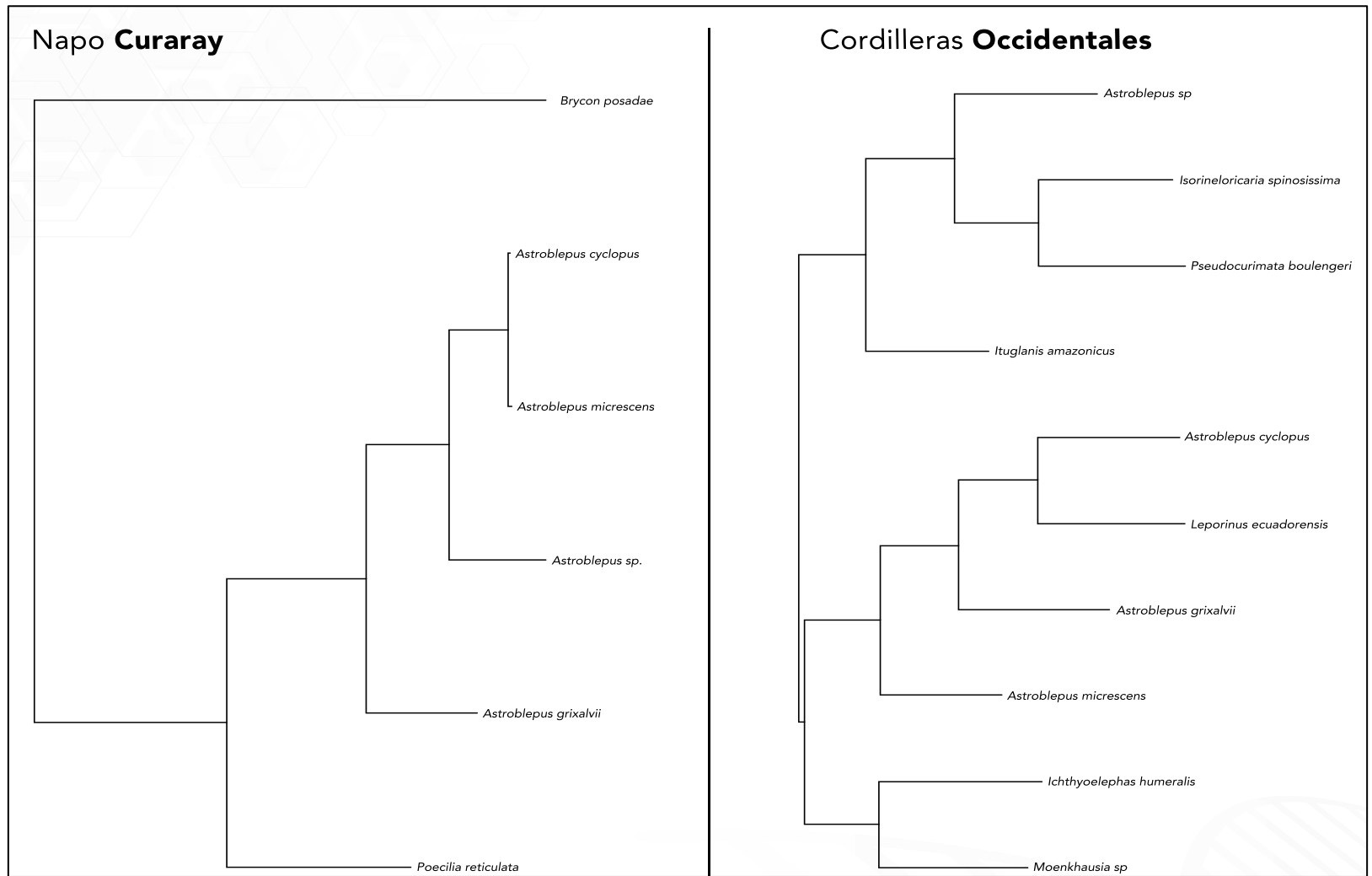


Figura 7. Filogenia Cordilleras Amazónicas y Aguarico Putumayo.



**Figura 8.** Filogenia Norte de las Cordillera de los Andes y Sur de la Cordillera Oriental.



**Figura 9.** Filogenia Napo Curaray y Cordilleras Occidentales.

## CAPÍTULO IV

### DISCUSIÓN

Según la información observada en el cladograma filogenético elaborado a partir de la base de datos de peces de la UDA, en general logramos determinar las especies más emparentadas y las más distantes filogenéticamente. Por otro lado, se pudo observar en el análisis por zona las especies que se podrían considerar las más antiguas y las más recientes de cada sector biogeográfico del Ecuador. El cladograma filogenético general plantea una configuración compleja y no se logra establecer un patrón evidente o algún tipo de agrupación consistente por género o familia.

Llama la atención la formación de dos clados marcados. En el Clado uno, se nota como primera diversificación hacia un lado la formación de subgrupos relativamente abundante y la otra hacia solo una especie *Cynodon gibbus*, especie que según nuestros análisis se ha mantenido invariable en el tiempo; esta se distribuye en las zonas tropicales del continente americano y su distribución y diversidad suelen ser amplias, suelen actuar como predadores o parásitos de otros peces en los hábitats en los que se desarrollan (Daniel, Alicia, & Ángel, 2017).

La inquietud acerca de la distribución de las especies a lo largo del planeta, la continuidad de esta distribución y los factores que soportan la misma, han sido temas de sumo interés para los naturalistas desde el siglo XVII (Arroyo, Carrión, Hampe, & Jordano, 2004). Existe gran cantidad de estudios sobre los patrones, formas, tamaños y escalas de distribución de especies de fauna; sin embargo, las relaciones entre el área de distribución geográfica que refleja la presencia de una u otra especie y los procesos de especiación en las áreas de distribución en el tiempo han sido poco estudiados.

En este sentido, se sugiere encontrar linajes evolutivos y únicos, el cual ayudarían a comprender patrones biológicos, fisiológicos, ambientales, geológicos y fenológicos. Por otro lado, tener en cuenta conceptos como: la distinción genética, incompatibilidad reproductiva, distinción ecológica y reciprocidad monofilética se vuelven imprescindibles al momento de tratar de inferir la distribución espacial de una especie (Maciel-Mata, Manríquez-Morán, Octavio-Aguilar, & Sánchez-Rojas, 2014).

La presencia de especies con una amplia distribución como por ejemplo *Astroblepus cyclopus* y *Astroblepus micrescens* presentes en diferentes sectores biogeográficos, que tienen barreras naturales como la cordillera de los Andes, podría estar explicando que los procesos de especiación y distribución son muy antiguos, y que los procesos de dispersión y diversificación evolutiva se han dado gracias a que las especies se han adaptado a lo largo del tiempo en una región muy cambiante y compleja “Torrico, Francois, E, & Volga 2004; Hernandez-Martinez & García-Machado 2005”

Los sectores con mayor riqueza de especies fueron: Jama-Zapotillo, Cordilleras Amazónicas, Chocó Ecuatorial y Aguarico-Putumayo-Caquetá, pueden deber su alto número de especies a factores como caudal, humedad relativa, ancho del río y demás factores ambientales como temperatura, altura, precipitación, radiación que se consideran influyentes al momento de la diversificación de especies (Bonilla-Rivero & López-Rojas, 2012). Las áreas que presentan menos especies también están bajo la incidencia de los factores mencionados anteriormente como estacionalidad diferente, clima, altura etc., el cual es diferente en cada sector. Sin embargo, debemos mencionar que el análisis realizado es de la base de datos de la UDA y no responde a un estudio en donde se ha realizado un esfuerzo de muestreo similar en cada región, por lo que los resultados deben ser tomados como aproximativos. Es importante referirnos a especies como: *Mylossoma duriventre* y *Bujurquina hophrys*; *Triportheus angulatus*; *Nannostomus trifasciatus*; *Serrasalmus rhombeus*; *Serrasalmus hollandi* presentes únicamente en la región Aguarico-Putumayo-Caquetá. También *Leporinus Ecuadorensis* y *Leporinus Fasciatus*; *Pseudocurimata boulengeri*; *Pseudocurimata troschelii* y *Cynoscion albus* y *Ituglanis amazonicus* presentes únicamente en el sector de Jama-Zapotillo (Anexo 5). Las relaciones filogenéticas y la diversificación de



especies, además de los factores geológicos, están determinadas por factores ambientales, como los climáticos y tipo de hábitat. En la región del Chocó Ecuatorial, la alta humedad relativa, temperatura y radiación (Varela & Ron, 2020) son factores que podrían haber incidido en la amplia diversificación de especies (Ortíz, Li, Pires-Farías, 2005).

Bonilla-Rivero & López-Rojas (2012) y Ortíz, Li, & Pires-Farías (2005) sugieren que las cercanías filogenéticas podrían deberse al solapamiento de hábitat. Así también, Torrico, François, E, & Volga (2004); Hernandez-Martinez & García-Machado (2005) & Cardoso (2014), mencionan que las cercanías filogenéticas sugieren que las especies han compartido un mayor número de cambios evolutivos. En este sentido en los próximos párrafos resaltamos las relaciones más relevantes entre especies en cada una de las regiones biogeográficas.

En la Región del Chocó Ecuatorial es posible distinguir relaciones cercanas de especies que denotan procesos recientes de especiación en el tiempo como *Pseudocurimata boulengeri* y *Ichthyoelephas humeralis*; otras especies que presentaron cercanía filogenética al mismo nivel del anterior mencionado fueron *Hemiancistrus landoni* y *Chaetostoma fischeri*. Otra relación cercana, pero a un nivel menor que las antes mencionadas fue la de las especies: *Bryconamericus brevirostris* y *Brycon alburnus*. Por otra parte, en la región Jama-Zapotillo caracterizada por una baja humedad relativa y altas temperaturas (Varela & Ron, 2020) también se observaron relaciones fuertes como las de *Pseudocurimata boulengeri* y *Pseudocurimata troschelii* las cuales a más de similitud morfológica confluyen en similitud genética, destacándose como especies pertenecientes a un mismo género (Bonilla-Rivero & López-Rojas 2012; Ortíz, Li, & Pires-Farías 2005). Debemos mencionar que las dos regiones antes mencionadas pertenecen al occidente del Ecuador y sus cladogramas no presentan mayores diversificaciones o son menos complejas que los cladogramas observados en las regiones orientales, lo que sugiere que son áreas con especies relativamente recientes en estas zonas.

En la región Cordilleras Amazónicas, denotadas por alta humedad relativa y temperaturas medias con formaciones vegetales dominadas por selvas (Varela & Ron, 2020) se puede apreciar que el género *Astroblepus* se agrupa, con excepción de las especies: *Astroblepus pholeter* y *Astroblepus latidens*; las cuales se agrupan cercanamente, pero en una ramificación diferente. Las demás relaciones entre especies en este árbol, no son lo suficientemente cercanas como las anteriormente descritas. En la región biogeográfica Aguarico Putumayo, se destacan las relaciones entre las especies *Rhombeus* y *Hollandi* del género *Serrasalmus*; según las sugerencias de varios autores se podría especular que son especies diversificadas en procesos recientes. Por otra parte, también se destaca la cercanía filogenética que existe entre las especies: *Pseudotylosurus angusticeps* y *Curimata vittata*; *Thoracocharax stellatus* y *Roeboides myersii*; *Cynodon gibbus* y *Clupecharax anchoveoides*; *Cyphocharax spiluroopsis* y *Curimata roseni*; *Trachydoras steindachneri* y *Chaetostoma platyrhynchus*; *Leporinus friderici* y *Triportheus angulatus*". En las otras regiones no se observaron relaciones relevantes.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES**

En el presente estudio, se observa cómo se formaron dos clados de clasificación de especies y su distribución “El cladograma filogenético general muestra la complejidad y la gran diversidad de eventos de diversificación que han dado lugar a la mega diversidad de peces del Ecuador. Con miras a futuros estudios filogenéticos, este estudio realizó una primera exploración de datos y se ha puesto de manifiesto las principales relaciones de cercanía evolutiva entre las especies, así como se estableció cuáles son las especies más distantes desde el punto de vista filogenético; tanto a nivel general, entre todas las especies que constan en la base de datos de la UDA, como en cada una de las regiones biogeográficas del Ecuador. Se logró identificar las diferencias entre las regiones, destacándose la que se encontró en las regiones occidentales del Chocó Ecuatorial y Jama Zapotillo que presentaron cladogramas menos complejas y con menos eventos de diversificación en relación a las regiones de la Amazonía. Lo que sugiere que presentan historias evolutivas diferentes influenciadas no solo por factores ambientales sino también por factores geológicos.

Cabe recalcar que, especies ubicadas cerca de las raíces del árbol filogenético poseen un menor número de cambios evolutivos en el tiempo. Por otra parte, el solapamiento de nicho de algunas especies combinado a la estrecha relación filogenética, despiertan el interés por conocer los procesos de especiación que han sucedido y vienen sucediendo en los ecosistemas fluviales del Ecuador. Los sectores con mayor riqueza de especies fueron: Jama-Zapotillo, Cordilleras Amazónicas, Chocó Ecuatorial y Aguarico-Putumayo-Caqueta. Sin embargo, los otros sectores presentan especies únicas y que son importantes de conservar. Además, el número bajo de especies reportadas para regiones como Napo Curaray, en este caso pueden deberse a un esfuerzo de muestreo menor al realizado en las otras regiones, no obstante, es importante mencionar la necesidad de conservar también las zonas de transición entre regiones biogeográficas, esto en relación a lo reportado en este estudio; en donde se

evidencia que muchas especies de peces aprovechan y están presentes en más de un sector a la vez. En lo referente a las relaciones filo geográficas reportadas en este trabajo, es indispensable profundizar los estudios sobre los procesos de especiación y migración de las especies resaltadas en este estudio. Comprender estos procesos facilitará el entendimiento de éstos, lo que sería de mucha utilidad para diseñar acciones de conservación de las poblaciones de ictiofauna del Ecuador.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arroyo, J., Carrión, J., Hampe, A., & Jordano, P. (2004). La distribución de las especies a diferentes escalas espacio-temporales. En F. Valladares (Ed.), *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF., 27-67.
- Artoni R.F. y M.C. Almeida. 2003. Genética de peixes neotropicais. I. aspecto da conservação genética dos peixes no parque estadual de Vila Velha, Paraná, Brasil. *Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde*, Ponta Grossa 9 (2): 7-15.
- Avice, J. C. 2000. *Phylogeography. The History and Formation of Species*. Harvard University Press. USA, 447 pp.
- Amos, W. & Balmford, A. 2001. When does conservation genetics matter? *Heredity* 87(3): 257-265.
- ArcGIS. (24 de Julio de 2020). *ArcGIS ONLINE*. Obtenido de ArcGIS: <https://www.arcgis.com/index.html>
- Barnhill, B., López, E. & A. Les. 1974. Estudio sobre la biología de los peces del río Vices. Instituto Nacional de Pesca, *Bol. Cient. Tec. Vol (III) Núm (I)*. 40 pg.
- Barletta, M., A.J. Jaureguizar, C. Baigun, N.F. Fontoura, A.A. Agostinho, V.M.F. Almeida-Val, A.L. Val, R.A. Torres, L.F. JimenezSegura, T. Giarrizzo, N.N. Fabré, V.S. Batista, C. Lasso, D.C. Taphorn, M.F. Costa, P.T. Chaves, J.P. Vieira y M.F.M. Correa. 2010. Fish and aquatic habitat conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical systems. *Journal of Fish Biology* 76: 2118–2176
- BOLDSYSTEMS. (24 de Julio de 2020). *SISTEMA DE DATOS DEL CÓDIGO DE BARRAS DE LA VIDA v4*. Obtenido de BOLD: <https://www.boldsystems.org/>
- Bonilla-Rivero, A., & Lopez-Rojas, H. (2012). ANÁLISIS BIOGEOGRÁFICO DE LOS PECES CHARACIFORMES DE VENEZUELA. Universidad Central de Venezuela, 47-52.

- Bustamante, M. R., Ron, S. R., & Coloma, L. A. (2005). Cambios en la Diversidad en Siete Comunidades de Anuros en los Andes de Ecuador. *Biotropica*, 37(2), 180-189.
- Cardoso, Y. (2014). Filogenia molecular, biogeografía y procesos de diversificación de peces neotropicales, familia Loricariidae (Siluriformes). Universidad de La Plata, 293p.
- Cavender-Bares J., Ackerly D.D., Baum D.A. & Bazzaz F.A. (2004) Phylogenetic overdispersion in Floridian oak communities. *American Naturalist*, 163, 823–843.
- Cavender-Bares J., Kozak K.H.,  
Cavender-Bares, J., Kozak, K.H., Fine, P.V.A. & Kembel, S.W. (2009) The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, 12, 693–715.
- Cadotte, M., Albert, C.H. & Walker, S.C. (2013) The ecology of differences: assessing community assembly with trait and evolutionary distances. *Ecology Letters*, 16, 1234–1244
- Cadotte, M., Dinnage, R. & Tilman, D. (2012) Phylogenetic diversity promotes ecosystem stability. *Ecology*, 93, S223–S233.
- Carmona, C.P., de Bello, F., Mason, N.W.H. & Leps, J. (2016) Traits without borders: integrating functional diversity across scales. *Trends in Ecology and Evolution*, 31, 382–394.
- Cornelissen, J.H.C., Lavorel, S., Garnier, E. et al. (2003) A handbook of protocols for standardised and easy measurement
- Crozier R.H. (1997) Preserving the information content of species: genetic diversity, phylogeny, and conservation worth. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 28, 243– 268.
- Daniel, T., Alicia, G.-S., Ángel, T.-G. (2017). Diversidad y distribución de peces y su relación con variables ambientales, en el sur del Golfo de México. *Biología Tropical*, 438-457.
- De Bello, F., Lavorel, S., Diaz, S. et al. (2010) Towards an assessment of multiple ecosystem processes and services via functional traits. *Biodiversity and Conservation*, 19, 2873–2893
- Devictor V., Mouillot D., Meynard C., Jiguet F., Thuiller W. & Mouquet N. (2010) Spatial mismatch and congruence between taxonomic, phylogenetic and functional diversity:

- the need for integrative conservation strategies in a changing world. *Ecology Letters*, 13, 1030–1040.
- Fine P.V.A. & Kembel S.W. (2009) The merging of community ecology and phylogenetic biology. *Ecology Letters*, 12, 693–715
- Frankham, R., J.D. Ballou y D.A. Briscoe. 2004. A primer of conservation genetics. Cambridge University Press. First published. Pp.220.
- Grime, J.P. (1998) Benefits of plant diversity to ecosystems: immediate, filter and founder effects. *Journal of Ecology*, 86, 902–910
- Gerhold, P., Cahill, J.F. Jr, Winter, M., Bartish, I.V. & Prinzing, A. (2015) Phylogenetic patterns are not proxies of community assembly mechanisms (they are far better). *Functional Ecology*, 29, 600–614.
- Graham C.H., Parra J.L., Rahbek C. & McGuire J.A. (2009) Phylogenetic structure in tropical hummingbird communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106, 19673–19678.
- Graham C.H. (2006) Habitat history improves prediction of biodiversity in rainforest fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103, 632–636.
- Gonzalez-Cazati, F. (2007). Maxima Parsimonia en la Influencia Filogenetica de las Secuencias del ADN. *UAEM*, 40p.
- Gouy, M., Gascuel, O., & Guindon, S. (2009). Sea View Version 4: A Multiplatform Graphical User Interface for Sequence Alignment and Phylogenetic Tree Building. *Biol. Evol*, 221-224.
- Gray, J. S. (1989). Effects of environmental stress on species rich assemblages. *Biological Journal of the Linnean Society*, 37(1-2), 19-32.
- Harrison S. & Cornell H. (2008) Toward a better understanding of the regional causes of local community richness. *Ecology Letters*, 11, 969–979
- Hartl, D.L. & A.G. Clarck. 1997. Principles of Population Genetics. 3rd Edition. Sinauer Assoc. Massachussetts, 542 pp.

- Hernandez-Martinez, D., & Garcia-Machado, E. (2005). Relaciones Evolutivas de las Especies del Género *Lucifuga* (Ophidiiformes: Bythitidae) en Cuba. Centro de Investigaciones Marinas de la Universidad de La Habana, 81p.
- Helfman GS, Collette BB, Fac ey DE, Bowen BW. 2009. The diversity of fishes. 2nd ed. John Wiley & Sons Ltd, United Kingdom, pp. 720.
- Hurtado-Alarcón, J.C. 2009. Variabilidad genética y estructura poblacional en *Brycon henni* E. (Characiformes: Characidae) en la cuenca media de los ríos Nare y Guatapé, Antioquia. Tesis de Maestría. Posgrado en Bosques y Conservación Ambiental. Universidad Nacional de Colombia. Medellín. 47 p.
- Hurtado-Alarcón, J.C., N.J. Mancera-Rodríguez y C.I. SaldamandoBenjumea. 2011. Variabilidad genética en *Brycon henni* (Characiformes: Characidae) en la cuenca media de los ríos Nare y Guatapé, sistema Río Magdalena, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 59(1): 269-282.
- Hortal, J., de Bello, F., Diniz-Filho, J.A.F., Lewinsohn, T.M., Lobo, J.M. & Ladle, R.J. (2015) Seven shortfalls that beset large-scale knowledge of biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 46, 523– 549
- Helmus M.R., Savage K., Diebel M.W., Maxted J.T. & Ives A.R. (2007a) Separating the determinants of phylogenetic community structure. *Ecology Letters*, 10, 917–925
- Kraft, N.J.B., Cornwell, W.K., Webb, C.O. & Ackerly, D.D. (2007) Trait evolution, community assembly, and the phylogenetic structure of ecological communities. *American Naturalist*, 170, 271–283.
- Laughlin, D.C. (2014) The intrinsic dimensionality of plant traits and its relevance to community assembly. *Journal of Ecology*, 102, 186–193.
- Leibold M.A. & McPeck M.A. (2006) Coexistence of the niche and neutral perspectives in community ecology. *Ecology*, 87, 1399–1410.
- Lévêque C, T. Oberdorff, D. Paugy, M.L.J. Stiassny y P.A. Tedesco. 2008. Global diversity of Fish (Pisces) in freshwater. *Freshwater Animal Diversity Assessment - Developments in Hydrobiology* 198: 545-567.



- López, L. 2006. Genetic variability and population structure of dorada (*Brycon moorei sinuensis* Dahl) in the Sinú River, Córdoba, Colombia. *Lakes and Reservoirs: Research and Management* 11: 1-7.
- Lowe, A., Harris, S. & Ashton, P. 2004. *Ecological Genetics: Design, Analysis, and Application*. Blackwell Publishing, Maldon, U.K. 344 pp.
- Levinton, J. S. (1970). The paleoecological significance of opportunistic species. *Lethaia*, 3(1), 69-78.
- Maciel-Mata, C., Manríquez-Morán, N., Octavio-Aguilar, P., & Sánchez-Rojas, G. (2014). El área de distribución de las especies: revisión del concepto. *Acta Universitaria*, 3-20.
- Mayfield M.M. & Levine J.M. (2010) Opposing effects of competitive exclusion on the phylogenetic structure of competition. *Ecology Letters*, 13, 1085–1093
- MAE. (2002). División Hidrográfica del Ecuador. Consejo Nacional de Recurso Hídricos (pág. 29p). Quito: Gobierno del Ecuador.
- MAE. (2013). *Sistema de Clasificación de Ecosistemas del Ecuador Continental*. Quito: MAE.
- Mostacedo, B., & Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: BOLFOR.
- NCBI. (24 de Julio de 2020). *GenBank*. Obtenido de NCBI: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/nucleotide/>
- Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*, 4th edn. John Wiley and Sons, Hoboken, New Jersey, 601 p.
- Ortí, G., Li, C., & Pires-Farias, I. (2005). Filogenia, filogeografía y estructura poblacional de las especies de *Prochilodus* (Prochilodontidae, Characiformes) en las principales cuencas fluviales de Sudamérica. *University of Nebraska*, 116-122.
- Pillar, V.D. & Duarte, L.D.S. (2010) A framework for metacommunity analysis of phylogenetic structure. *Ecology Letters*, 13, 587–596.
- Pineda-Santis, H., D. Pareja-Molina, M. Olivera-Ángel y J. BuilesGómez. 2004. Contribución a la relación taxonómica entre cuatro especies de peces de la familia Characidae

- mediante el Polimorfismo de ADN Amplificado al Azar (RAPD). *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 17(S): 30-37.
- Piorski, N.M., A. Sanches, L.F. Carvalho-Costa, T. Hatanaka, M. Carrillo-Avila, P.D. Freitas y P.M. Galetti Jr. 2008. Contribution of conservation genetics in assessing neotropical freshwater fish biodiversity. *Brazilian Journal of Biology* 68 (4S): 1039-1050.
- Prinzing, A., Reiffers, R., Braakhekke, W.G., Hennekens, S.M., Tackenberg, O., Ozinga, W.A., Joop H.J. Schaminee, J.H.J. & van Groenendael, J.M. (2008) Less lineages - more trait variation: phylogenetically clustered plant communities are functionally more diverse. *Ecology Letters*, 11, 809–819.
- Ricklefs R.E. (2004) A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecology Letters*, 7, 1–15.
- Ricklefs R.E. (1987) Community diversity - relative roles of local and regional processes. *Science*, 235, 167–171.
- Rodriguez, E. (2013). Construcción de Arboles Filogeneticos. *CINIVESTAV*, 97p.
- Ruiz-Garcia, M., & Alvarez, D. (1999). Analisis Filogenetico de 21 Poblaciones Latinoamericanas de Gatos, Mediante 10 Loci Morfologicos, Utilizando: Metodo de Matrices, de Distancias Geneticas y Maxima Parsimonia . *Sc. Biol*, 95(3-4).
- Shannon, C., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Illinois: University Illinois Press, Urbana.IL.
- Tucker CM, Cadotte MW, Carvalho SB, Davies TJ, Ferrier S, Fritz SA, Grenyer R, Helmus MR, Jin LS, Mooers AO, Pavoine S, Purschke O, Redding DW, Rosauer DF, Winter M, Mazel F (2017) A guide to phylogenetic metrics for conservation, community ecology and macroecology. *Biological Reviews* 92:698–715
- Torrico, J., Francois, J., E, D., & Volga, R. (2004). Filogeografía comparada de siete especies de peces de agua dulce del Alto Madera (Amazonía Boliviana). Universidad Mayor de San Andres, 106p.
- Vari, R. 1989. Systematics of the Neotropical Characiform Genus *Pseudocurimata* Fernández-Yépez (Pisces: Ostariophysi) Smithsonian Institution Press. Washington D.C. n° 490

- Vamosi S.M., Heard S.B., Vamosi J.C. & Webb C.O. (2009) Emerging patterns in the comparative analysis of phylogenetic
- Varela, A., & Ron, S. (23 de Noviembre de 2020). PUCE. Obtenido de Geografía y Clima del Ecuador: <https://bioweb.bio/fungiweb/GeografiaClima/>
- Webb C.O., Ackerly D.D., McPeck M.A. & Donoghue M.J. (2002) Phylogenies and community ecology. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 475–505.
- Winter M, Devictor V, Schweiger O (2013) Phylogenetic diversity and nature conservation: Where are we? *Trends in Ecology & Evolutions* 28:199-204.
- Welsh, H. H., Pope, K. L., & Wheeler, C. A. (2008). Using multiple metrics to assess the effects of forest succession on population status: a comparative study of two terrestrial salamanders in the US Pacific Northwest. *Biological Conservation*, 141, 1149–1160.

## ANEXOS

### Anexo 1. Riqueza de especies por familia, primera parte.

Familia	Especie	Familia	Especie
<b>Acestrorhynchidae</b>	<i>Acentrorhynchus_lacustris</i>	<b>Cetopsidae</b>	<i>Cetopsis_montana</i>
	<i>Abramites_hypselonotus</i>		<i>Cetopsis_othonops</i>
<b>Anostomidae</b>	<i>Leporinus_ecuadorensis</i>	<b>Characidae</b>	<i>Acestrorhynchus_falcatus</i>
	<i>Leporinus_fasciatus</i>		<i>Aphyocharax_alburnus</i>
	<i>Leporinus_friderici</i>		<i>Astyanax_bimaculatus</i>
	<i>Pseudanos_trimaculatus</i>		<i>Astyanax_festae</i>
	<i>Schizodon_fasciatus</i>		<i>Astyanax_maximus</i>
			<i>Astyanax_sp</i>
<b>Ariidae</b>	<i>Hexanematichthys_henni</i>		<i>Bryconamericus_brevirostris</i>
<b>Aspredinidae</b>	<i>Bunocephalus_aleuopsis</i>		<i>Bryconamericus_bucayensis</i>
<b>Astroblepidae</b>	<i>Astroblepus_chapmani</i>		<i>Bryconamericus_occidentalis</i>
	<i>Astroblepus_chotae</i>		<i>Bryconamericus_sp</i>
	<i>Astroblepus_cyclopus</i>		<i>Ceratobranchia_elatior</i>
	<i>Astroblepus_frenatus</i>		<i>Ceratobranchia_sp</i>
	<i>Astroblepus_grixalvii</i>		<i>Charax_tectifer</i>
	<i>Astroblepus_latidens</i>		<i>Clupeocharax_anchoveoides</i>
	<i>Astroblepus_longifinis</i>		<i>Creagrutus_amoenus</i>
	<i>Astroblepus_micresens</i>		<i>Creagrutus_barrigai</i>
	<i>Astroblepus_netoferreirai</i>	<i>Creagrutus_kunturus</i>	
	<i>Astroblepus_pholeter</i>	<i>Creagrutus_melasma</i>	
	<i>Astroblepus_prenadillus</i>	<i>Creagrutus_sp</i>	
	<i>Astroblepus_sp</i>	<i>Hemibrycon_pautensis</i>	
	<i>Astroblepus_trifasciatus</i>	<i>Hemibrycon_polyodon</i>	
	<i>Astroblepus_ubidiai</i>	<i>Hemigrammus_lunatus</i>	
	<i>Hemigrammus_ocellifer</i>		
<b>Belonidae</b>	<i>Pseudotylorus_angusticeps</i>	<i>Hemigrammus_sp</i>	
		<i>Hyphessobrycon_copelandi</i>	
<b>Bryconidae</b>	<i>Brycon_alburnus</i>		
	<i>Brycon_atrocaudatus</i>		

	<i>Brycon_coxeyi</i>		<i>Hyphessobrycon_ecuadorensis</i>
	<i>Brycon_moorei</i>		<i>Knodus_gamma</i>
	<i>Brycon_posadae</i>		<i>Moenkhausia_naponis</i>
	<i>Brycon_sp</i>		<i>Moenkhausia_ocellifer</i>
<b>Callychtidae</b>	<i>Callichthys_callichthys</i>		<i>Moenkhausia_sp</i>
	<i>Corydoras_sp</i>		<i>Pseudochalceus_lineatus</i>
	<i>Dianema_longibarbis</i>		<i>Pseudochalceus_longianalis</i>
			<i>Rhodasia_altipina</i>
			<i>Roeboides_myersii</i>
			<i>Roeboides_occidentalis</i>
			<i>Tetragonopterus_argentus</i>
			<i>Triportheus_angulatus</i>
			<i>Curimata_vittata</i>
			<i>Curimatopsis_sp</i>
			<i>Curimatorbis_boulengeri</i>
			<i>Cyphocarax_spiluropsis</i>
			<i>Pseudocurimata_boulengeri</i>
			<i>Pseudocurimata_troschelii</i>

**Anexo 2. Riqueza de especies por familia, segunda parte.**

<b>Familia</b>	<b>Especie</b>	<b>Familia</b>	<b>Especie</b>
<b>Cynodontidae</b>	Cynodon_gibbus	<b>Loricariidae</b>	<i>Ancistrus_clementinae</i>
<b>Cyprinidae</b>	Carassius_auratus		<i>Ancistrus_santarosensis</i>
	Cyprinus_carpio		<i>Ancistrus_sp</i>
<b>Doradidae</b>	Trachydoras_steindachneri		<i>Andeancistrus_platycephalus</i>
<b>Eleotridae</b>	Gobiomorus_maculatus		<i>Aphanotorulus_unicolor</i>
<b>Erythrinidae</b>	Hoplias_malabaricus		<i>Chaetostoma_anale</i>
	Hoplias_microlepis		<i>Chaetostoma_breve</i>
<b>Gasteropeleciidae</b>	Thoracocharax_stellatus		<i>Chaetostoma_carrioni</i>
<b>Glandulocaudinae</b>	Gn._Sp		<i>Chaetostoma_fischeri</i>
<b>Gobiidae</b>	Awaous_transandeanus		<i>Chaetostoma_microps</i>
	Sicydium_hildebrandi		<i>Chaetostoma_platyrrhinus</i>
<b>Gymnotidae</b>	Gymnotus_bonaparti		<i>Chaetostoma_sp</i>
	Gymnotus_carapo		<i>Cochliodon_pyrineusi</i>
<b>Heptapteridae</b>	Heptapterus_sp		<i>Farlowella_knerii</i>
	Inparfinis_sp		<i>Hemiancistrus_landoni</i>
	Pimelodella_grisea		<i>Isorineloricaria_spinosissima</i>
	Pimelodella_modestus		<i>Lasiancistrus_caucanus</i>
	Pimelodella_sp		<i>Loricaria_cataphracta</i>
	Pimelodella_yuncensis		<i>Peckoltoia_bachi</i>
	Rhamdia_quelen		<i>Pseudohemiodon_lamina</i>
<b>Hypoconidae</b>	Brachyhypopomus_occidentalis	<i>Pseudohemiodon_torectens</i>	
<b>Lebiasinidae</b>	Lebiasina_bimaculata	<i>Rineloricaria_jubata</i>	
	Nannostomus_trifasciatus	<i>Transancistrus_santarosensis</i>	
	Piabucina_astrigata	<b>Parodontidae</b>	<i>Parodon_buckleyi</i>
	Piabucina_elongata		<i>Parodon_pongoensis</i>
		<i>Saccodon_terminalis</i>	

			<i>Saccodon_wagneri</i>
		<b>Pimelonidae</b>	<i>Sorubim_lima</i>
		<b>Poeciliidae</b>	<i>Poecilia_caucana</i>
			<i>Poecilia_reticulata</i>
			<i>Pseudopoecilia_festae</i>
			<i>Pseudopoecilia_fria</i>
		<b>Prochilodontidae</b>	<i>Ichthyoelephas_humeralis</i>
		<b>Pseudopimeloniade</b>	<i>Microglanis_variegatus</i>
		<b>Rivulidae</b>	<i>Anablepsoides_limnocoche</i>
		<b>Sciaenidae</b>	<i>Anablepsoides_urophthalmus</i>
			<i>Cynoscion_albus</i>
		<b>Serrasalminidae</b>	<i>Mylossoma_duriventris</i>
			<i>Serrasalmus_hollandi</i>
			<i>Serrasalmus_rhombeus</i>
		<b>Sternopygidae</b>	<i>Sternopygus_arenatus</i>
		<b>Synbranchidae</b>	<i>Synbranchus_marmoratus</i>
		<b>Syngnathidae</b>	<i>Pseudophallus_starskii</i>
		<b>Trichomycteridae</b>	<i>Ituglanis_amazonicus</i>
			<i>Ituglanis_laticeps</i>
			<i>Trichomycterus_knerii</i>
			<i>Trichomycterus_taenia</i>
			<i>Vandellia_cirrhosa</i>

### Anexo 3. Riqueza de géneros por familia.

Familia	Género	Familia	Género	Familia	Género	
<b>Acestrorhynchidae</b>	Acentrorhynchus	<b>Characidae</b>	Triportheus	<b>Lebiasinidae</b>	Lebiasina	
<b>Anostomidae</b>	Abramites	<b>Cichlidae</b>	Acaronia		Nannostomus	
	Leporinus		Andinoacara		Piabucina	
	Pseudanos		Bujurquina	<b>Loricariidae</b>	Ancistrus	
	Schizodon		Crenicichla		Andeancistrus	
<b>Ariidae</b>	Hexanemathys		Heros	<b>Loricariidae</b>	Aphanotorulus	
<b>Aspredinidae</b>	Bunocephalus		Cichlasoma		Cochliodon	
	Astroblepus		Oreochromis		Farlowella	
<b>Belonidae</b>	Pseudotylorus		<b>Crenuchidae</b>		Characidium	Hemiancistrus
<b>Bryconidae</b>	Brycon		<b>Curimatidae</b>		Curimata	Isorineloricaria
<b>Callychtidae</b>	Callichthys				Curimatopsis	Lasiancistrus
	Corydoras	Pseudocurimata			Chaetostoma	
<b>Callychtidae</b>	Dianema	Cyphocarax			Loricaria	
<b>Cetopsidae</b>	Cetopsis	Pseudocurimata			Peckoltoia	
<b>Characidae</b>	Acestrorhynchus	<b>Cynodontidae</b>	Cynodon		Pseudohemiodon	
	Aphyocharax	<b>Cyprinidae</b>	Carassius	Rineloricaria		
	Astyanax		Cyprinus	Transancistrus		
	Bryconamericus	<b>Doradidae</b>	Trachydoras	<b>Parodontidae</b>	Parodon	
	Ceratobranchia	<b>Eleotridae</b>	Gobiomorus		Saccodon	
	Charax	<b>Erythrinidae</b>	Hoplias	<b>Pimelonidae</b>	Sorubim	



	Clupeocharax	<b>Gasteropelecidae</b>	Thoracocharax	<b>Poeciliidae</b>	Poecilia
	Creagrutus	<b>Glandulocaudinae</b>	Gn.	<b>Poeciliidae</b>	Pseudopoecilia
	Hemibrycon	<b>Gobiidae</b>	Awaous	<b>Prochilodontidae</b>	Ichthyoelephas
	Hemigrammus		Sicydium	<b>Pseudopimeloniidae</b>	Microglanis
	Moenkhausia	<b>Gymnotidae</b>	Gymnotus	<b>Rivulidae</b>	Anablepsoides
	Hyphessobrycon	<b>Heptapteridae</b>	Heptapterus	<b>Sciaenidae</b>	Cynoscion
	Knodus		Inparfinis	<b>Serrasalminidae</b>	Mylossoma
	Pseudochalceus		Pimelodella		Serrasalmus
	Rhoadsia		Rhamdia	<b>Sternopygidae</b>	Sternopygus
	Roeboides		<b>Hypoponidae</b>	Brachyhypopomus	<b>Trichomycteridae</b>
	Tetragonopterus			Trichomycterus	
				Vandellia	

**Anexo 4. Presencia de especies en Aguarico-Putumayo-Caquetá, Choco Ecuatorial, Norte de la Cordillera Oriental de los Andes y Napo- Curaray**

Sector Biogeográfico					
AGUARICO- PUTUMAYO- CAQUETÁ	snm	CHOCO ECUATORIAL	snm	NORTE DE LA CORDILLERA ORIENTAL DE LOS ANDES	ms nm
<i>Abramites_hypselo notus</i>	72	<i>Ancistrus_clementinae</i>	0	<i>Anablepsoides_lim oncochae</i>	551
<i>Acaronia_nassa</i>	72	<i>Andinoacara_rivulatus</i>	0	<i>Anablepsoides_uro phthalmus</i>	998
<i>Acentrorhynchus_l acustris</i>	72	<i>Astroblepus_chotae</i>	46	<i>Astroblepus_cyclop us</i>	998
<i>Acestrorhynchus_f alcatus</i>	50	<i>Astroblepus_grixalvii</i>	46	<i>Astroblepus_phole ter</i>	551
<i>Aphanotorulus_uni color</i>	72	<i>Astyanax_festae</i>	0	<i>Astroblepus_trifasc iatus</i>	704
<i>Aphyocharax_albu rnus</i>	72	<i>Awaous_transandeanus</i>	2	<i>Astroblepus_unifas ciatus</i>	704
<i>Bujurquina_hophr ys</i>	72	<i>Brachyhypopomus_occid entalis</i>	00	<i>Astyanax_bimacul atus</i>	551
<i>Bunocephalus_ale uropsis</i>	72	<i>Brycon_alburnus</i>	8	<i>Astyanax_sp</i>	998
<i>Chaetostoma_plat yrhynchus</i>	72	<i>Brycon_atrocaudatus</i>	8	<i>Bryconamericus_sp</i>	551
<i>Characidium_ethe ostoma</i>	72	<i>Brycon_posadae</i>	46	<i>Bujurquina_pardus</i>	551
<i>Clupeocharax_anc hoveoides</i>	72	<i>Bryconamericus_breviro stris</i>	1	<i>Bujurquina_sp</i>	998
<i>Curimata_roseni</i>	72	<i>Bryconamericus_bucaye nsis</i>	5	<i>Callichthys_callicht hys</i>	551
<i>Curimata_vittata</i>	50	<i>Bryconamericus_occiden talis</i>	00	<i>Ceratobranchia_el atior</i>	704
<i>Curimatopsis_sp</i>	50	<i>Chaetostoma_fischeri</i>	46	<i>Cetopsis_montana</i>	551

<i>Cynodon_gibbus</i>	50	1	<i>Curimatorbis_boulenyeri</i>	8	1	<i>Chaetostoma_anale</i>	551
<i>Cyphocarax_spilurpsis</i>	72	1	<i>Gobiomorus_maculatus</i>	2	3	<i>Chaetostoma_breve</i>	704
<i>Dianema_longibarbis</i>	50	1	<i>Hemiancistrus_landoni</i>	1	6	<i>Chaetostoma_platyrhynchus</i>	551
<i>Farlowella_knerii</i>	72	1	<i>Hoplias_malabaricus</i>	5	3	<i>Charax_tectifer</i>	998
<i>Hemigrammus_lunatus</i>	50	1	<i>Hoplias_microlepis</i>	0	2	<i>Cochliodon_pyrineusi</i>	551
<i>Hemigrammus_sp</i>	50	1	<i>Hyphessobrycon_ecuadorensis</i>	0	1	<i>Creagrutus_amoenus</i>	704
<i>Heros_efasciatus</i>	72	1	<i>Ichthyoelephas_humeralis</i>	0	2	<i>Creagrutus_kunturus</i>	551
<i>Hoplias_malabaricus</i>	72	1	<i>Isorineloricaria_spinosissima</i>	0	3	<i>Creagrutus_sp</i>	998
<i>Hyphessobrycon_copelandi</i>	50	1	<i>Lebiasina_bimaculata</i>	5	3	<i>Crenicichla_anthurus</i>	551
<i>Leporinus_friderici</i>	50	1	<i>Leporinus_ecuadorensis</i>	1	6	<i>Crenicichla_semiconnata</i>	998
<i>Moenkhausia_sp</i>	72	1	<i>Cichlasoma_festae</i>	8	1	<i>Gn._Sp</i>	551
<i>Mylossoma_duriventre</i>	50	1	<i>Microglanis_variegatus</i>	1	6	<i>Gymnotus_carapo</i>	551
<i>Nannostomus_trifasciatus</i>	72	1	<i>Oreochromis_aureus</i>	0	3	<i>Moenkhausia_ocellifer</i>	551
<i>Peckoltoia_bachi</i>	72	1	<i>Pimelodella_grisea</i>	5	3	<i>Heptapterus_sp</i>	704
<i>Pimelodella_sp</i>	72	1	<i>Pseudochalceus_lineatus</i>	46	1	<i>Hoplias_malabaricus</i>	551
<i>Pseudanos_trimaculatus</i>	50	1	<i>Pseudochalceus_longianalis</i>	5	3	<i>Moenkhausia_naponis</i>	704
<i>Pseudohemiodon_lamina</i>	72	1	<i>Pseudocurimata_boulenyeri</i>	0	2	<i>Synbranchus_marmoratus</i>	998
<i>Pseudotylosurus_angusticeps</i>	72	1	<i>Pseudopoecilia_festae</i>	1	6	<b>NAPO CURARAY</b>	<b>ms nm</b>

<i>Roeboides_myersii</i>	72	1	<i>Pseudopoecilia_fria</i>	5	3	<i>Hemigrammus_ocellifer</i>	355
<i>Schizodon_fasciatus</i>	50	1	<i>Rhodasia_altipina</i>	1	6	<i>Hemigrammus_sp</i>	355
<i>Serrasalmus_hollandi</i>	50	1	<i>Rineloricaria_jubata</i>	2	3	<i>Heros_efasiatus</i>	355
<i>Serrasalmus_rhombus</i>	72	1	<i>Roeboides_occidentalis</i>	5	3	<i>Loricaria_cataphracta</i>	172
<i>Tetragonopterus_argentus</i>	72	1	<i>Saccodon_terminalis</i>	46	1	<i>Peckoltoia_bachi</i>	172
<i>Thoracocharax_stellatus</i>	72	1	<i>Saccodon_wagneri</i>	46	1	<i>Poecilia_caucana</i>	355
<i>Trachydoras_steindachneri</i>	72	1	<i>Sicydium_hildebrandi</i>	5	3	<i>Pseudohemiodon_torectens</i>	172
<i>Triportheus_angulatus</i>	72	1	<i>Synbranchus_armoratus</i>	0	3	<i>Sorubim_lima</i>	172
<i>Vandellia_cirrhosa</i>	72	1	<i>Transancistrus_santarosensis</i>	46	1		
			<i>Trichomycterus_taenia</i>	0	3		

**Anexo 5. Presencia de especies en Sur de la Cordillera Oriental, Cordilleras Amazónicas, Jama- Zapotillo y Cordilleras Occidentales.**

Sector Biogeográfico					
<b>SUR DE LA CORDILLERA ORIENTAL</b>	<b>msnm</b>	<b>CORDILLERAS AMAZONICAS</b>	<b>msn m</b>	<b>JAMA ZAPOTILLO</b>	<b>ms nm</b>
<i>Astroblepus_chota</i>	1114	<i>Astroblepus_chapmani</i>	850	<i>Ancistrus_clementinae</i>	103
<i>Astroblepus_cyclopus</i>	890	<i>Astroblepus_cyclopus</i>	850	<i>Ancistrus_santarosensis</i>	103
<i>Astroblepus_micresens</i>	890	<i>Astroblepus_frenatus</i>	800	<i>Andinoacara_pulcher</i>	486
<i>Astroblepus_sp</i>	628	<i>Astroblepus_latidens</i>	833	<i>Andinoacara_rivulatus</i>	20
<i>Astroblepus_ubidi</i>	2521	<i>Astroblepus_micresens</i>	1250	<i>Astroblepus_cyclopus</i>	486
<i>Astroblepus_unifasciatus</i>	890	<i>Astroblepus_nettoferreirai</i>	800	<i>Astroblepus_longifinis</i>	486
<i>Astyanax_bimaculatus</i>	628	<i>Astroblepus_pholeter</i>	800	<i>Astroblepus_micresens</i>	103
<i>Brycon_sp</i>	628	<i>Astroblepus_prenadillus</i>	1104	<i>Astyanax_festae</i>	103
<i>Carassius_auratus</i>	2800	<i>Astroblepus_sp</i>	850	<i>Astyanax_sp</i>	103
<i>Ceratobranchia_e</i>	628	<i>Astroblepus_trifasciatus</i>	850	<i>Brycon_alburnus</i>	20
<i>Chaetostoma_breve</i>	628	<i>Astyanax_bimaculatus</i>	1000	<i>Brycon_moorei</i>	20

<i>Chaetostoma_s</i>	628	<i>Astyanax_maximus</i>	833	<i>Brycon_posadae</i>	103
<i>Creagrutus_amoenus</i>	628	<i>Astyanax_sp</i>	800	<i>Bryconamericus_brevirostris</i>	103
<i>Cyprinus_carpio</i>	2100	<i>Brycon_coxeyi</i>	827	<i>Cetopsis_othonops</i>	20
<i>Hemibrycon_pautensis</i>	628	<i>Brycon_sp</i>	850	<i>Cynoscion_albus</i>	6
<i>Heptapterus_sp</i>	628	<i>Bujurquina_zamorensis</i>	110 4	<i>Gobiomorus_maculatus</i>	20
<i>Ituglanis_amazonicus</i>	628	<i>Callichthys_callichthys</i>	110 4	<i>Hexanematichthys_henni</i>	18
<i>Parodon_pongonesis</i>	628	<i>Ceratobranchia_elatior</i>	850	<i>Hoplias_microlepis</i>	20
<i>Piabucina_elongata</i>	628	<i>Ceratobranchia_sp</i>	800	<i>Hyphessobrycon_ecuadorensis</i>	30
<i>Pimelodella_sp</i>	628	<i>Cetopsis_montana</i>	833	<i>Ichthyoelephas_humeralis</i>	20
<i>Poecilia_reticulata</i>	2100	<i>Chaetostoma_breve</i>	833	<i>Isorineloricaria_spinosissima</i>	30
<b>CORDILLERAS OCCIDENTALES</b>	<b>msnm</b>	<i>Chaetostoma_microps</i>	827	<i>Ituglanis_laticeps</i>	103
<i>Astroblepus_cyclopus</i>	2 412	<i>Chaetostoma_s_p</i>	125 0	<i>Lasiancistrus_caucanus</i>	30
<i>Astroblepus_grixa</i>	4 72	<i>Characidium_purpuratum</i>	100 0	<i>Lebiasina_bimaculata</i>	103
<i>Astroblepus_micresens</i>	4 72	<i>Corydoras_sp</i>	833	<i>Lebiasina_bimaculata</i>	103
<i>Astroblepus_sp</i>	2 412	<i>Creagrutus_barigai</i>	850	<i>Leporinus_ecuadorensis</i>	20
<i>Brycon_posadae</i>	4 72	<i>Creagrutus_kunturus</i>	800	<i>Leporinus_fasciatus</i>	20

<i>Piabucina_astrigata</i>	1 000	<i>Creagrutus_melasma</i>	850	<i>Cichlasoma_festae</i>	103
<i>Poecilia_reticulata</i>	4 72	<i>Crenicichla_antihurus</i>	100 0	<i>Microglanis_variegatus</i>	103
<i>Saccodon_terminalis</i>	4 72	<i>Crenicichla_saxatilis</i>	110 4	<i>Oreochromis_aureus</i>	100
<i>Saccodon_wagneri</i>	1 000	<i>Gymnotus_bonaparti</i>	800	<i>Oreochromis_niloticus</i>	17
<i>Transancistrus_santarosensis</i>	4 72	<i>Hemibrycon_pautensis</i>	800	<i>Pimelodella_modestus</i>	103
<i>Trichomycterus_taeonia</i>	4 72	<i>Hemibrycon_polyodon</i>	850	<i>Pimelodella_modestus</i>	103
		<i>Imparfinis_sp</i>	800	<i>Pimelodella_modestus</i>	103
		<i>Ituglanis_amazonicus</i>	850	<i>Pseudocurimata_boulengeri</i>	20
		<i>Knodus_gamma</i>	100 0	<i>Pseudocurimata_troschellii</i>	17
		<i>Lebiasina_bimaculata</i>	800	<i>Pseudophallus_starckii</i>	20
		<i>Chaetostoma_carrioni</i>	800	<i>Pseudopoecilia_festae</i>	12
		<i>Moenkhausia_naponis</i>	833	<i>Pseudopoecilia_fria</i>	103
		<i>Parodon_buckleyi</i>	833	<i>Rhamdia_quelen</i>	103
		<i>Piabucina_elongata</i>	850	<i>Rhodasia_altipina</i>	103
		<i>Pimelodella_yuncensis</i>	850	<i>Saccodon_terminalis</i>	20

		<i>Poecilia_reticulata</i>	850	<i>Saccodon_wagneri</i>	30
		<i>Rhamdia_quele</i>	850	<i>Sicydium_hildebrandi</i>	486
		<i>Trichomycterus_knerii</i>	1000	<i>Sternopygus_arnatus</i>	18
				<i>Transancistrus_santarosensis</i>	103
				<i>Trichomycterus_tania</i>	486