



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Caracterización molecular, morfológica y diversidad genética de la ictiofauna en las reservas naturales bosque de yotoco, laguna de sonso y usos potenciales

María Cristina Papamija

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia
2019

Caracterización molecular, morfológica y diversidad genética de la ictiofauna en las reservas naturales bosque de yotoco, laguna de sonso y usos potenciales

María Cristina Papamija

Tesis de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:
Doctor en Ciencias Agrarias, Área Producción Animal Tropical

Director:

PhD. Jaime Eduardo Muñoz Flórez

Línea de Investigación:

Producción Animal Tropical

Grupo de Investigación:

Diversidad Biológica

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Palmira, Colombia

2019

Dedicatoria

*Al Ser Supremo que rige nuestras vidas.
A mi madre por su amor y por haberme enseñado las bases morales y espirituales y por
sus oraciones diarias*

*A mi padre por todo lo que de él he aprendido
A mi esposo Armando por creer en mí, por apoyarme y ser mi compañero de viaje por
la vida.*

*A mis hijos: Laura Catalina, Daniel Felipe, Sandra Lorena y Hugo Armando, que me
motivan a ser cada día un mejor ser humano.*

A mis nietos: Salomé y Juan Esteban, porque siento su amor en la distancia

A mis hermanos por su amor

A mi suegra por sus oraciones y apoyo

A mi amiga Edith por su amistad sincera

A mis docentes, que me enseñaron las bases de mi formación

A mis amigos

*A Ismael mi padre biológico, porque lo amo y espero un día encontrarme con él en otro
plano terrenal ya que, en éste, por cosas absurdas de los seres humanos, no fue
posible (Q.E.P.D)*

*Y a todas las personas que aportaron para que este sueño se hiciera realidad, porque
detrás de cualquier esfuerzo hay muchas personas apoyando.*

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a:

Dios ser supremo que todo lo permite y guía nuestras vidas por el camino correcto.

A la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, que me brindó la oportunidad y colaboración para que esta ilusión se hiciera realidad.

Al Grupo de Investigación en Diversidad Biológica.

Al Zootecnista M.Sc. Carlos Alberto Jaramillo (Candidato a Dr.)

Al Biólogo Otto Enrique Castillo González especialista en taxonomía de peces.

A mi director de tesis Jaime Eduardo Muñoz Flórez.

A los Doctores: Nora Cristina Mesa, Mario Augusto García, Diosdado Baena (qepd).

A Marzory Andrade por su inmensa colaboración.

A todo el personal de la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco por su colaboración en labores de campo desarrolladas en este trabajo.

German Usma Valor por su apoyo en la georreferenciación.

Maryory Rodríguez por sus aportes en la cartografía.

A los pescadores nativos de la Laguna de Sonso, especialmente Don Darío por su entusiasmo, disponibilidad y colaboración.

A Jorge Mario Londoño Biólogo M.Sc., por todo su apoyo a lo largo de esta investigación.

A María Angélica Buitrago Vitar bióloga M.Sc., por su apoyo y cariño,

A mi hija Laura y mi esposo Armando por su apoyo en el trabajo de campo y por todo el acompañamiento en general en este proceso.

Resumen

La identificación de las especies de peces en Colombia es un proceso de gran importancia, teniendo en cuenta la riqueza de ecosistemas acuáticos que la conforman con una alta diversidad biológica existente. La región del Valle del Cauca cuenta con diversidad de ambientes acuáticos los cuales prestan servicios ecosistémicos a nivel productivo y de sostenimiento de las poblaciones urbanas y rurales. Los peces son indicadores de la composición y estructura de cada ecosistema debido a las adaptaciones morfológicas y fisiológicas que presentan para cada hábitat. Adicionalmente el estudio de las aguas continentales son una fuente importante de información respecto al estado trófico de un ecosistema y las implicaciones que presenta para el desarrollo y establecimiento de los organismos. En este estudio se evaluó la diversidad de la ictiofauna en dos reservas naturales: Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco (RNFBY), y la Laguna de Sonso los cuales se encuentran relacionados con la cuenca del río Cauca, una de las más importantes de Colombia. Estas reservas presentan características contrastantes, la reserva Yotoco presenta poca intervención humana, alta diversidad de especies y una fuente importante de recursos hídricos que favorece a la población del municipio de Yotoco, siendo éste un ecosistema de aguas lólicas de un ambiente montano Andino. La Laguna de Sonso presenta alta intervención humana afectando de manera directa las especies que la habitan, incluso a las comunidades humanas. Dada la importancia de los ecosistemas dulceacuícolas en el departamento y la ictiofauna que lo habita, éste es el primer reporte que abarca múltiples aspectos en caracterizaciones de diversidad, estructura, composición y ecología íctica para la reserva Yotoco y una actualización de la estructura y composición de la Laguna de Sonso. La adopción y contextualización de las variables que influyen de forma directa en las poblaciones fueron integradas de forma holística, para una mayor aproximación en el entendimiento de la complejidad de los ecosistemas lótico y léntico estudiados. Aspectos ambientales como son los análisis lignológicos, fisiológicos y adaptativos, como la funcionalidad de los rasgos morfológicos, y la variabilidad genética presente en las poblaciones fueron consideradas, siendo así un estudio que trata sobre como los factores abióticos y la perturbación de los ecosistemas pueden repercutir en la dinámica de las

poblaciones, la migración de los organismos y los patrones de flujo genético que pueden presentar diversos comportamientos debido a la reducción de las poblaciones y el flujo de energía en las cadenas tróficas.

Palabras clave: Ecosistema Lótico y Léntico, Flujo Genético, Laguna de Sonso, Limnología, Reserva Natural Yotoco.

Abstract

Fish species identification in Colombia is of particular importance, taking into account the richness of the aquatic ecosystems shaped by the large extant biodiversity. Valle del Cauca department, in particular, possess a remarkable diversity of these environments providing not only shelter to lots of species, but also ecosystem services to the surrounding human population that benefit from both water supply and food. Fishes are bioindicators of structure and composition of these ecosystems, due to the morphological and physiological traits that they possess. Additionally, the study of continental waters is an important source of information related with the trophic estatus of an ecosystem, and the implications for the development and organism's establishment. In the present study the ichthyofauna from two natural reserves were evaluated for Reserve Nacional Forestal Bosque de Yotoco (RNFBY) and Laguna de Sonso, both related with the basin of Cauca river, one of the most important from Colombia. These natural reserves show contrasting characteristics, Yotoco natural reserve has low human intervention, high species diversity and an important water supply for Yotoco municipality and represents a lotic ecosystem of Andean montane environments. The Laguna de Sonso, instead, possess high human intervention affecting directly the species inhabiting this ecosystem, even human communities. Given the importance of freshwater ecosystems in Valle del Cauca deparment and the ichthyofauna that inhabit such ecosystems, here we show here the very first report encompassing diversity, structure, composition and ecology for Yotoco reserve, and an update of fish species inventory at structure and composition level for Sonso lagoon. The adoption and contextualization of the variables that directly affect in the populations were integrated holistically, aiming for a better understanding of the

complexity present in these two contrasting environments. Several factors such as limnological analysis, as well as genetic variability present at the populations level were considered, being so a study that deals with abiotic factors and disturbances of the ecosystems, that in turn impact on the population dynamics, organismal migration and geneflow patterns driving several behaviors due to population reductions and the energy flow in trophic chains.

Keywords: Geneflow, Lentic and Lotic Ecosystems, Limnology, Sonso Lagoon, Yotoco natural reserve.

Contenido

Agradecimientos	2
Lista de Abreviaturas	15
1. Caracterización Morfológica de la Ictiofauna de las Reservas Naturales	
Bosque de Yotoco y Laguna de Sonso	¡Error! Marcador no definido.
Resumen	¡Error! Marcador no definido.
Abstract.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Introducción	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Metodología.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2.1. Área de estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2.2. Identificación morfológica de las especies ícticas nativas de la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco	¡Error! Marcador no definido.
1.2.3. Colecta de peces	¡Error! Marcador no definido.
1.2.4. Diseño de Metodologías para la Captura de Peces en la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco	¡Error! Marcador no definido.
1.2.5. Capturas de peces en la Reserva Laguna de Sonso.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2.6. Representación cartográfica de los datos obtenidos en campo.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Resultados.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.1. Composición de la Ictiofauna en las Reservas Laguna de Sonso y Bosque de Yotoco	¡Error! Marcador no definido.
1.3.2. Análisis de Componentes Principales.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3.3. Riqueza y abundancia de especies en las Reservas La Laguna de Sonso y la Reserva Yotoco	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Discusión.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.

1.6. Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.
2. Caracterización Molecular y Diversidad Genética de la Ictiofauna en las Reservas Naturales Bosque de Yotoco y Laguna de Sonso	¡Error! Marcador no definido.
Resumen.....	¡Error! Marcador no definido.
Abstract	¡Error! Marcador no definido.
2.1. Introducción	¡Error! Marcador no definido.
2.2. Metodología	¡Error! Marcador no definido.
2.1.1. Extracción de ADN y amplificación del gen mitocondrial codificante Citocromo Oxidasa I (COI)	¡Error! Marcador no definido.
2.1.2. Amplificación y detección de alelos por medio de los marcadores moleculares RAM's	¡Error! Marcador no definido.
2.1.3. Análisis de datos moleculares Citocromo Oxidasa, subunidad I (COI)	¡Error! Marcador no definido.
2.1.4. Análisis de datos moleculares: Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs)	¡Error! Marcador no definido.
2.3. Resultados.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.1. Caracterización molecular	¡Error! Marcador no definido.
2.3.2. Reserva natural Laguna de Sonso	¡Error! Marcador no definido.
2.3.3. Análisis de Dissimilaridad genética.....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.4. Análisis de Coordenadas Principales (PCoA)	¡Error! Marcador no definido.
2.3.5. Análisis de Máxima Verosimilitud	¡Error! Marcador no definido.
2.3.6. Marcadores Microsatélites Amplificados al Azar (RAMs)....	¡Error! Marcador no definido.
2.3.7. Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco	¡Error! Marcador no definido.
2.3.8. Análisis de dissimilaridad genética	¡Error! Marcador no definido.
2.3.9. Análisis de Coordenadas Principales (PCoA)	¡Error! Marcador no definido.
2.3.10. Análisis de Máxima Verosimilitud	¡Error! Marcador no definido.

2.4. Discusión	¡Error! Marcador no definido.
2.5. Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
2.6. Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.
3. Variables Físicoquímicas de la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco y Laguna de Sonso	¡Error! Marcador no definido.
Resumen	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Introducción	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Metodología	¡Error! Marcador no definido.
3.2.1. Área de estudio.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.2. Estrategias de muestreo	¡Error! Marcador no definido.
3.2.3. Sitios de colecta.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2.4. Registro de variables	¡Error! Marcador no definido.
3.2.5. Análisis de datos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Resultados	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1. Análisis físicoquímico en la reserva Yotoco ...	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2. Análisis físicoquímico laguna de Sonso	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3. Comparaciones entre los ecosistemas lóxico (Yotoco) y léxico (Laguna de Sonso)	
.....	¡Err
or! Marcador no definido.	
3.3.4. Análisis de Componentes Principales (ACP) .	¡Error! Marcador no definido.
3.4. Discusión	¡Error! Marcador no definido.
3.5. Conclusiones	¡Error! Marcador no definido.
3.6. Bibliografía	¡Error! Marcador no definido.
4. Estructura, Composición y Aprovechamiento de los recursos Ícticos de dos Ecosistemas Dulceacuícolas, Lóxico (Yotoco) y Léxico (Laguna de Sonso) en el Valle Geográfico del Río Cauca	¡Error! Marcador no definido.

-
- 4.1. Patrones y estructura de especies ícticas en un gradiente altitudinal en las reservas Yotoco y Laguna de Sonso..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.2. Efectos de las actividades productivas sobre la dinámica poblacional de especies y factores abióticos en dos ecosistemas acuáticos contrastantes **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.3. Aprovechamiento y beneficios de los servicios ecosistémicos proveídos por las reservas naturales Bosque de Yotoco y Laguna de Sonso .. **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.4. Ficha Técnica de las Especies Ícticas de las Reservas Bosque de Yotoco y Laguna de Sonso..... **¡Error! Marcador no definido.**
- 4.5. Bibliografía **¡Error! Marcador no definido.2**
- 5. Recomendaciones** ¡Error! Marcador no definido.
- 6. Aporte al conocimiento**..... **173**
- 7. Anexo A:** Lista de Especies Identificadas con Métodos Morfológicos y Moleculares Reserva Yotoco..... ¡Error! Marcador no definido.
- 8. Anexo B:** Lista de Especies Identificadas con Métodos Morfológicos y Moleculares Laguna de Sonso ¡Error! Marcador no definido.
- 9. Anexo C:** Visualización de los Marcadores RAMs en Geles de Poliacrilamida ¡Error! Marcador no definido.
- 10. Anexo D:** Códigos de acceso del NCBI para las secuencias obtenidas con la región ADN código de barras de los especímenes evaluados ¡Error! Marcador no definido.
- 11. Anexo E:** Precipitación promedio mensual estación meteorológica Bosque de Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- 12. Anexo F:** Temperatura promedio mensual estación experimental Bosque de Yotoco ¡Error! Marcador no definido.

13. **Anexo G:** Humedad relativa promedio mensual estación meteorológica Bosque de Yotoco¡Error! Marcador no definido.
14. **Anexo H:** Velocidad de corriente y caudal para los nacimientos de la Reserva Bosque de Yotoco¡Error! Marcador no definido.

Lista de figuras

- Figura 1.1.** Métodos de captura empleados en la reserva Yotoco... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.2.** Sitios de colecta en la reserva Yotoco..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.3.** Sitios de colecta en la Laguna de Sonso..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.4.** Puntos de muestreo en las reservas Bosque de Yotoco y Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.5.** Especies colectadas por sitio de muestreo en la Reserva Natural Bosque de Yotoco **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.6.** Especies colectadas por sitio de muestreo en la Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.7.** Órdenes y familias identificados en las reservas Yotoco y Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.8.** Número de especies según las épocas de muestreo, seca - húmeda. **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 1.9.** Análisis de componentes principales, gráfico bidimensional (CP1 vs CP2), distribución de los muestreos de acuerdo a la abundancia **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.1.** Número de especies de peces secuenciadas con el gen COI de la Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.2.** Análisis de disimilitud de Neighbor-Joining de la región ADN código de barras del gen mitocondrial COI, Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.3.** Gráfica del Análisis de Coordenadas Principales en dos dimensiones (PCoA) Laguna de Sonso..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.4.** Gráfica en tres dimensiones para las distancias genéticas en las especies de peces Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.5.** Análisis de Máxima Verosimilitud para la región Citocromo Oxidasa, subunidad I (COI), Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Figura 2.6.** Código genético. Interpretación de símbolos para cada aminoácido... **¡Error! Marcador no definido.**

- Figura 2.7.** Dendrograma de las muestras obtenidas de la Laguna de Sonso, evaluadas con RAMs ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.8.** Número de especies de peces secuenciadas con el gen COI en la Reserva Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.9.** Análisis de Diversidad de Neighbor-Joining gen mitocondrial COI, reserva Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.10.** Gráfica del Análisis de Coordenadas Principales (PCoA) en dos dimensiones para las especies identificadas en la reserva Yotoco.. ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.11.** Gráfica en tres dimensiones para las distancias genéticas en las especies de peces, reserva Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.12.** Análisis de Máxima Verosimilitud para la región Citocromo Oxidasa, subunidad I (COI), reserva Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.13.** Dendrograma de las muestras obtenidas de la reserva Yotoco evaluadas con los marcadores RAMs..... ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 2.14.** Visualización de los marcadores RAMs en gel poliacrilamida ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 3.1.** Mapa de los nacimientos de la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 3.2.** Promedios para precipitación, humedad relativa y temperatura anual registrada en los últimos ocho años en la estación meteorológica Bosque de Yotoco ¡Error! Marcador no definido.
- Figura 3.3.** Variables fisicoquímicas registradas para lluvia y sequía y analizadas para los afluentes de la reserva Yotoco y Laguna de Sonso.... ¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

- Tabla 1.1.** Descripción del área de muestreo para las reservas Yotoco y Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1.2.** Especies colectadas con sitio de muestreo, familia y orden para la Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1.3.** Especies colectadas con sitio de muestreo, familia y orden para la Reserva Yotoco **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1.4.** Coeficientes de correlación de Pearson para todos los individuos **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1.5.** Contribución de cada variable en cada uno de los componentes **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 1.6.** Índice de Riqueza Específica de Margalef y Diversidad de Simpson.... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2.1.** Cebadores utilizados para la amplificación de regiones mitocondriales en peces..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2.2.** Cebadores universales RAMs utilizados en el estudio.... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2.3.** Composición nucleotídica de las especies de peces de la Reserva natural de la Laguna de Sonso, con la región COI..... **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2.4.** Distancias genéticas de Nei entre las especies de la Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**
- Tabla 2.5.** Diversidad genética de las especies de peces de la Reserva Natural de la Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.6. Cambio de Aminoácidos en las especies de la Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.7. Análisis de la diversidad genética estimados para los marcadores RAMs en las muestras de la Laguna de Sonso y la reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.8. Composición nucleotídica de las especies de peces de la Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco con la región COI..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.9. Distancias genéticas de Nei entre las especies de la reserva Yotoco... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.10. Diversidad genética de las especies de peces de la reserva Yotoco.. **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 2.11. Cambio de Aminoácidos en las especies de la reserva Yotoco **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.1. Valores máximos y mínimos para cada variable limnológica analizada en los dos ecosistemas. En paréntesis valores promedio, en negrita coeficiente de variación. Datos correspondientes para temporada de lluvia y sequía año 2015. . **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.2. Análisis GLM y prueba Duncan para las variables fisicoquímicas para los afluentes de la reserva Yotoco **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.3. Análisis GLM y prueba Duncan para las variables fisicoquímicas tomadas en tres sitios de la Laguna de Sonso..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.4. Análisis de significancia GLM para cada variable fisicoquímica considerando lluvia vs sequía y sitios de colecta para los dos ecosistemas (lótico y léntico)..... **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.5. Prueba de rango múltiple de Duncan para todos los sitios muestreados en la reserva Yotoco y Laguna de Sonso bajo todas las variables fisicoquímicas evaluadas **¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 3.6. Análisis de Componentes Principales (PCA) para las variables limnológicas en las reservas Yotoco y Laguna de Sonso **¡Error! Marcador no definido.**

Lista de Abreviaturas

Abreviatura	Término
ACP	Análisis de Componentes Principales
ADN	Ácido Desoxirribonucleico
ASOPROMAY	Asociación de Productores 30 de mayo
ASOYOTOCO	Asociación de Usuarios para la Protección y Mejoramiento de las Cuencas Hidrográficas de los Ríos Yotoco y Mediacaño
Bioedit	Biological Sequence Alignment Editor
BLAST	Basic local Alignment Search Tool
Clustal W	Multiple Sequence Alignment
CO2	Dióxido de Carbono
COI	Citocromo Oxidasa I
Contigs	Contigs
CVC	Corporación del Valle del Cauca
°C	Grados Centígrados
DARWIN	Dissimilarity Analysis and Representation for Windows
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
DNAsp	DNA Sequence Polymorphism
DQO	Demanda Química de Oxígeno
DVN	Desembocadura Varios Nacimientos
EDTA	Ácido Etilendiaminotetraacético
EV	El Verde
FSAM	Finca los Samanes
Fst	Índice de Fijación, Diferenciación Poblacional
g	Gravedad
Gaps	Espacios Adicionados en Ausencia de Nucleotidos
GENALEX	Genetic Analysis in Excel
Geneiuos	An Integrated and Extendable Desktop Software Platform for the Organization and Analysis of Sequence Data
GLM	Modelo Generalizado Lineal
GPS	Global Position System
GTR	General Time Reversible
Has.	Hectáreas
He	Heterocigosidad
km	Kilómetros
MA	Millones de Años
MAN	Managua
MEGA	Molecular Evolutionary Genetic Analysis
mg/L	Miligramos por Litro
ML	Maximum Likelihood
msnm	Metros Sobre el Nivel del Mar
NAC2	Nacimiento 2
NAC3	Nacimiento 3
NCBI	Nacional Center for Biological Information
ng/μL	Nanogramos por Microlitro
NTSYS	Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis System
O2 Dis	Oxígeno Disuelto
pb	Pares de Bases
PCoA	Principal Coordinate Analysis
PCR	Polymerase Chain Reaction
PEG	Poli(etil)englicol
pH	Potencial de Hidrogeniones
QGIS	Geographic Information System
QLL	Quebrada Loma Larga
RAMs	Random Amplified Microsatellites
RNFBY	Reserva Nacional Forestal Bosque de Yotoco
RPA	Río Parte Alta
RPB	Río Parte Baja
RPM	Río Parte Media
seg	Segundo
sp.	Epíteto de Especie
TFPGA	Tools for Population Genetic Analysis
UPGMA	Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean
UVN	Unión Varios Nacimientos
v.g.	Verbi Gratia que significa por ejemplo en latín
XLSTAT	Statistical Software & Data Analysis add-on for Excel
ZAMOR	Zona de Amortiguamiento
ZINF	Zona de Influencia

Lista de Aminoácidos

Abreviatura	Término
Phe	Fenilalanina
Leu	Leucina
Ile	Isoleucina
Ser	Serina
Tyr	Tirosina
Cys	Cisteína
Trp	Triptofano
Pro	Prolina
His	Histidina
Gln	Glutamato
Arg	Arginina
Met	Metionina
Thr	Treonina
Asn	Sparragina
Lys	Lisina

Val	Valina
Ala	Alanina
Asp	Ácido Aspartico
Glu	Glutamina
Gly	Glicina
