

**COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE PECES DE LA QUEBRADA
CRISTALES, AFLUENTE DEL RÍO LA VIEJA, ALTO CAUCA, COLOMBIA.**

ROBERTO JOSÉ GARCÍA ALZATE

**UNIVERSIDAD DEL QUINDIO
FACULTAD DE EDUCACION
PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGIA Y EDUCACION AMBIENTAL
ARMENIA, QUINDIO
2005**

**COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE PECES DE LA QUEBRADA
CRISTALES, AFLUENTE DEL RÍO LA VIEJA, ALTO CAUCA, COLOMBIA.**

ROBERTO JOSE GARCIA ALZATE

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de licenciado en Biología y
Educación Ambiental.**

DIRECTOR: CARLOS ARTURO GARCIA ALZATE. Lic. en Biología Y Ed. Ambiental

ASPIRANTE A Msc En Biología, Mención Zoología con énfasis en fauna acuática

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

ASESOR: JOSÉ RICARDO COBOS. BIÓLOGO

UNIVERSIDAD DEL QUINDIO

FACULTAD DE EDUCACION

PROGRAMA DE LICENCIATURA EN BIOLOGIA Y EDUCACION AMBIENTAL

ARMENIA, QUINDIO

2005

Nota de aceptación:

Firma del Jurado

ÁLVARO BOTERO BOTERO Lic.

Firma del Jurado

CESAR A. BUSTAMANTE TORO MSc.

Firma del Jurado

JANNETH MOLINA RICO Biol.

Armenia, Mayo 2 de 2005

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a mis padres, en especial a mi Hermano y director Carlos Arturo García Alzate, por su paciencia y efectiva orientación que me permitió culminar este trabajo, a mi padre Carlos A. Garcia-T, Jairo Torres quienes me colaboro en campo. A los amigos y compañeros de universidad Daisy Johana Lozano, Álvaro Botero, Hector Fabio Zamudio, Jaime Hernán Hernández, Ana Maria Torres, Johanny Aguillon y hermanos, Ramiro Vargas, por su colaboración en campo y laboratorio. A el Laboratorio de Licenciatura en biología por el suministro de equipo de campo; a Bella venís Cifuentes y al laboratorio Ambiental por los reactivos. A los profesores José Ricardo Cobos, Janneth Molina Rico y Marleny Salazar por la colaboración, orientación estadística y de redacción del trabajo. Al resto de mi familia, especialmente a mi tía Julieta Alzate que con su apoyo incondicional me ayudaron a salir siempre adelante y a todas aquellas personas que colaboraron de alguna manera en la finalización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

	PAGINA
1. RESUMEN	
2. INTRODUCCION	2
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo general	5
3.2. Objetivos específicos	5
4. ESTADO DEL ARTE	6
5. MARCO TEORICO	8
5.1. COMUNIDADES	8
5.2. DIVERSIDAD BIOLÓGICA	8
5.2.1 Diversidad alfa	9
5.2.1.1. Índice de Riqueza de Margalef	9
5.2.1.2. Índice de diversidad de Shannon – Wiener	10
5.2.1.3. Índice de predominio ecológico de Simpson	10
5.2.2. Diversidad Beta	10
5.2.2.1 Coeficiente de similitud de Jaccard	11
5.2.2.2 Coeficiente de similitud de Sorensen	11
5.2.2.3 Índices de reemplazo de especies	11
5.2.2.3.1. Índice de whittaker	11
5.2.3. Diversidad Gamma	12

6. MATERIALES Y METODOS	13
6.1. Descripción del área de estudio	13
6.2. FASE DE CAMPO	13
6.3. FASE DE LABORATORIO	15
6.4. ANALISIS ESTADÍSTICO	16
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
7.1. CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT	23
7.1.1. Características del hábitat en la zona alta	24
7.1.2. Características del hábitat en la zona media	24
7.1.3 Características del hábitat en la zona baja	25
7.2. VARIABLES FISICOQUÍMICAS	26
7.2.1. Periodos de Sequía y Lluvia	26
7.3. COMUNIDAD DE PECES	27
7.4. CONSTANCIA DE OCURRENCIA.	28
7.5. INDICES DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA	34
7.5.1 DIVERSIDAD ALFA	34
7.5.1.1. Índice de Riqueza de Margalef (Riqueza específica)	34
7.5.1.2. Índice de predominio ecológico de Simpson (Abundancia proporcional)	34
7.5.1.3. Índice de diversidad de Shannon – Wiener (Estructura-equidad)	34
7.5.1.4. Serie de Hill N_2 (Estructura-dominancia)	35
7.5.1.5 Estimador de diversidad paramétrico y no paramétrico (Riqueza- estructura)	37

7.5.2. DIVERSIDAD BETA	38
7.5.2.1. Índices de similitud de Jaccard y Sorensen (Cualitativos)	38
7.5.2.2. Índice de Whittaker (Reemplazo de especies)	40
7.5.3. DIVERSIDAD GAMMA	41
7.5.4. ÍNDICE DE DOMINANCÍA COMUNITARIO	43
7.6. LISTA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LA QUEBRADA CRISTALES	43
7.7. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES ÍCTICAS	44
7.7.1. <i>Brycon henni</i> (Pisces: Characidae)	44
7.7.2. <i>Chaetostoma fischeri</i> (Pisces: Loricaride)	44
7.7.3. <i>Roeboides dayi</i> (Pisces: Characidae)	45
7.7.4. <i>Rhamdia sp1</i> (Pisces: Pimelodidae)	46
7.7.5. <i>Xiphophorus hellerii</i> (Pisces: Cichlidae)	47
8. CONCLUSIONES	51
9. RECOMENDACIONES	53
10. BIBLIOGRAFÍA	54

LISTA DE FIGURAS

	PAGINA
Figura 1. Ocurrencia de cada una de las especies colectadas en la quebrada Cristales para los periodos de lluvia y sequía.	32
Figura 2. Ocurrencia de cada una de las especies colectadas en la quebrada Cristales entre Julio 2004-Enero 2005	33
Figura 3. Representación de los índices de diversidad en la cuenca de la quebrada Cristales Julio 2004-Enero 2005.	35
Figura 4. Estimadores de diversidad paramétricos y no paramétricos para la comunidad de peces presentes en la quebrada Cristales (Julio 2004- Enero 2005).	38
Figura 5. Valores del indice de Whittaker (diversidad beta) en la quebrada Cristales Julio 2004-Enero 2005.	41
Figura 6. <i>Chaetostoma fischeri</i> (Pises: Loricaridae)	45
Figura 7. <i>Roeboides dayi</i> (Pisces: Characidae).	46
Figura 8. <i>Rhamdia sp 1.</i> (Pisces: Pimelodidae).	47
Figura 9. <i>Xiphophorus hellerii</i> (Pisces: Cichlidae).	48

LISTA DE ANEXOS

	PAGINA
Anexo 1. Mapa de la Quebrada Cristales donde se ubican las cinco estaciones de muestreo, planteados por el CEIFI de la universidad del Quindío.	63
Anexo 2. Localización geográfica y descripción de las cinco estaciones de muestreo de la quebrada Cristales, utilizadas por el CEIFI.	64
Anexo 3. Precipitación promedio (mm) entre los años 1979-2003; estación La Argentina (LaTebaida-Quindío).	65
Anexo 4. Variables Físicas y químicas en la quebrada Cristales, afluente del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia.	66
Anexo 5. Abundancia relativa y lista de las especies colectadas en la quebrada Cristales en los periodos de sequía y lluvia.	67
Anexo 6. Matriz de similitud de las especies de peces colectadas en las diferentes estaciones de la quebrada Cristales, basado en el índice de similitud de Jaccard (Julio 2004-Enero 2005).	68
Anexo 7. Matriz de similitud de las especies de peces colectadas en las diferentes estaciones de la quebrada Cristales, basado en el índice de similitud de Sorensen (Julio 2004-Enero 2005).	69
Anexo 8. Índices de Diversidad de Shannon – Wiener, Riqueza de Margalef, Predominio Ecológico de Simpson y seria de Hill de la Quebrada Cristales, durante Julio de 2004 y Enero de 2005, para cada una de las estaciones muestreadas.	70

LISTA DE TABLAS

	PAGINA
Tabla 1. Variables físicas y químicas de los periodos climáticos de lluvia y sequía, en la quebrada Cristales, Alto Cauca, Colombia.	27

1. RESUMEN

Un factor importante de la dinámica de las quebradas, es evaluar la diversidad en función de los cambios en la composición de las especies en cada sistema biológico, basado en la evaluación de las diversidades alfa, beta y gamma, lo cual resulta particularmente útil para el entendimiento de la comunidad a escala del paisaje, en este trabajo se estudió la composición y diversidad de la comunidad de peces de la quebrada Cristales, afluente río La Vieja, Alto Cauca, fueron colectadas 5573 ejemplares, pertenecientes a 16 especies agrupadas en cuatro ordenes y cinco familias, siendo *Brycon henni* (39,47%), *Poecilia caucana* (20,26%) y *Argopleura magdalenensis* (8,25%) los taxones mas abundantes, el muestreo fue altamente significativo de acuerdo a los estimadores de abundancia ACE, ICE, CHAO1 y CHAO2. La diversidad varió significativamente entre la zona alta con respecto a la zona media y zona baja de la quebrada según los coeficientes de similaridad de Jaccard, Sorensen y el índice de reemplazo de Whittaker. Los valores de índice de diversidad de Shannon-Weaver 2.92 bits, Simpson 0.786 muestran que el comportamiento de la diversidad en la quebrada es medianamente alto. Además fueron colectadas dos especies *Xiphophorus hellerii* (introducida) y *Rhamdia sp1* que no han sido reportadas para esta zona. La microcuenca, esta altamente intervenida por factores antrópicos y cuenta con una variación entre las zonas (alta, media y baja) reguladas por tensores.

Palabras claves: Comunidad de peces, Diversidad alfa-beta-gamma, Quebrada Cristales, Alto Cauca Colombia.

2. INTRODUCCION

El estudio de la estructura de las comunidades de peces tiene dos enfoques principales. El primero es el análisis de los factores que determinan el número de las diferentes clases de organismos que se encuentran juntos en un hábitat y su relativa abundancia. El segundo es el análisis de los porcentajes de la energía y nutrientes que son utilizados dentro del hábitat, tamaño de la biomasa y la estructura de los organismos allí presentes. Los dos enfoques están muy relacionados, pero las interacciones en la naturaleza son poco conocidas (Wootton, 1992).

Investigaciones realizadas en comunidades de peces neotropicales revelan la alta diversidad de especies que presenta la ictiofauna dulceacuícola suramericana y a la vez muestran la importancia de obtener información básica para analizar problemas ictiológicos de manejo y conservación en un ecosistema donde el impacto ambiental ocasionado por el hombre puede llevar en el futuro a la desaparición total de la ictiofauna (Román-Valencia, *et al.* 1999).

A pesar de esta extraordinaria diversidad, el conocimiento sobre muchos aspectos básicos específicos (autoecología) o comunitarios, es reducido y la escasez de información biológica para el manejo adecuado del recurso íctico. Esta situación es más grave o evidente, en regiones geográficas remotas y en aquellos ambientes como los ríos de montaña, partes altas de las cuencas, ambientes de aguas rápidas con abundantes saltos y caudales, donde la aplicación de los sistemas de pesca tradicionales es prácticamente imposible (Lasso, *et al.*, 2002).

Teniendo en cuenta a los ecosistemas de agua dulce tropicales presentan por lo regular una alta diversidad de especies, pero esta se puede reducir por condiciones naturales como aguas termales, azufradas o ácidas o por condiciones creadas por el hombre (Machado y Roldan, 1981), además estas variables pueden verse alteradas por la precipitación en las estaciones escogidas para el muestreo y por factores contaminantes como fungicidas, residuos domésticos e industriales.

Al igual Colombia es un país conocido como megadiverso porque a pesar de poseer una extensión menor del 1% de la superficie continental mundial, se estima que contiene 10% de la diversidad biológica del planeta (García, FL. *et al.* 2003). Además es un país en cuyas aguas se encuentra una de las más interesantes y diversa ictiofauna del mundo (Fowler, 1942).

La mayoría de los estudios realizados en el país han tenido como objetivo hacer el inventario de la ictiofauna nativa de unas pocas zonas, pero todavía faltan muchas especies por describir debido a que la información sobre la distribución geográfica de la ictiofauna colombiana, aún es fragmentada (Mojica, 1999).

Adicionalmente, para estudiar el comportamiento de algunas especies se debe conocer inicialmente las interacciones de procesos químicos, físicos, geográficos biológicos (Odum, 1972), y la ocurrencia de factores degradantes sobre un ecosistema lo cual tiene dos efectos sobre los organismos vivos: el primero corresponde a la selección de las especies euritípicas, y el segundo a la selección posterior de las más eurifágicas; es decir una especie que haya soportado el cambio ambiental puede no obstante afectarse si su

condición estecnofágica no le permite encontrar recursos alimenticios que le sean apropiados (Moreno, 1999).

Los cuerpos de agua dulce, como ríos y lagos, representan ambientes de alto valor para el desarrollo de las civilizaciones humanas, constituyendo no sólo una fuente renovable de agua potable para uso doméstico e industrial, sino también por ser elementos indispensables para la vida silvestre y brindar lugares apropiados para el esparcimiento y el turismo. Asimismo, los ecosistemas acuáticos se encuentran entre los de mayor diversidad biológica en formas y estructuras, y para llegar a comprender su funcionamiento y respuesta a factores físicos y químicos del medio, es necesario conocer la composición y estructura de los seres vivos que lo forman (Warren, 1971). De acuerdo con esto, los ictiólogos tienen grandes expectativas respecto de la distribución de peces en corrientes de agua dulce y la influencia por agregación que tienen sobre ellos las cualidades físicas y químicas del agua (Jiménez, *et al.* 1998).

Es por esto, que la realización de este proyecto en el que se implementan parámetros de diversidad alfa, beta y gamma, ayuda a conocer y entender mejor algunos mecanismos, diferencias y/o similitudes que presenta la comunidad de peces de la quebrada Cristales y así mismo brindar herramientas que contribuyan en la conservación de las especies de peces.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Determinar la composición y diversidad de la comunidad de peces de la quebrada Cristales, afluente del río La Vieja, Alto Cauca Colombia.

3.2. Objetivos Específicos

- Determinar la composición de la comunidad de peces en la quebrada cristales.
- Evaluar la diversidad alfa, beta y gamma de la comunidad de peces, en la quebrada.
- Analizar la distribución por medio de la ocurrencia en la comunidad de peces a lo largo de la quebrada.
- Establecer la relación que presenta la comunidad de peces con los hábitats, mediante análisis cualitativos y ordenación espacial.
- Caracterizar el hábitat por medio de las variables físicas, químicas y biológicas.

4. ESTADO DEL ARTE

Los estudios de peces sur americanos comenzaron en el siglo XIX con Alexander von Humboldt y más tarde con el trabajo de famosos investigadores de Europa y Norteamérica como Berg, J., 1979, Cuvier, Valenciennes, Steindachner, Boulenger, Kner, Eigenmann y Regan. Aunque recientemente se han realizado estudios regionales, esto son por lo general puntuales espacial y temporalmente (Usma, 2001).

En la actualidad a nivel Suramericano cabe resaltar los trabajos de Machado-Allinson *et al* 1990. quienes realizaron estudios de la diversidad íctica, en términos de su riqueza y composición específica de las asociaciones de peces con estructuras de hábitats, permitiendo cuantificar la diversidad de especies existentes en cuerpos de agua. Así mismo Machado-Allinson (1993), elaboro estudios sobre los peces del llano de Venezuela resalta la gran diversidad biológica y ecológica;, Pavanelli *et al* (1997), realiza un estudio de la composición de la ictiofauna de dos pequeños arroyos del río Paraná, mostrando que la diversidad y abundancia fueron influenciadas por las diferencias hidromorfológicas. En el ámbito nacional se destacan los trabajos sobre ecología de comunidades y poblaciones de peces de Plutarco Cala y sus colaboradores: Ecología de *Brycon siebenthalae* y *Mylossoma duriventris* en la Orinoquía (Useche-L *et al.* 1993), *Idus idus* (Cala 1971); *Astyanax bimaculatus* en el Meta Blanco y Cala (*sf*), lista anotada y registros de peces en la Orinoquía colombiana (Cala 1974, 1977, 1987, 1991,1997).

En el Alto Cauca, hasta el momento se destacan diversos trabajos sobre los peces como: Miles (1973) quien realizó un inventario con descripción de nuevas especies para la cuenca; a su vez Dahl (1971) registró algunos grupos de peces para la zona del Valle del Cauca, el cual incluye claves para las especies de la región; Eigenmann (1917,1921,1922) realiza estudios en la familia Characidae y otros taxones para la zona y realiza la descripción de muchas especies del Quindío.

En la década de los 80's Cesar Román-Valencia (1988,1993,1995,1996a) empieza a trabajar las comunidades de peces de la cuenca del río la Vieja, publicando listas y trabajos que involucran observaciones detalladas de ciclos reproductivos de algunas especies.

Posteriormente Román-Valencia y colaboradores realizan estudios de auto ecología de varias especies del Alto Cauca como: *Chaetostoma_fischeri* (Arcila *et al.* 1995), *Trichomycterus caliense* y el negro *Astroblepus cf. Chapmani*. (Alzate-Marin 1996), *Creagrutus brevipinnis* (Román-Valencia C. 1998) *Bryconamericus caucanus* (Román-Valencia y Muñoz 2001) *Roeboides dayi* (Román-Valencia, *et al* 2003) *Argopleura magdalenensis* (Román-Valencia y Perdomo, 2004) *Cetopsorhamdia boquillae* (Giraldo y Román-Valencia 2004). *Hemibrycon* sp nov (*Botero B. y Román-Valencia sometido*) *Hyphessobrycon poecilioides* (Garcia y Roman-Valencia sometido), *Astyanax aurocaudatus* (Román-Valencia y Ruiz, sometido). Y también de estructura y composición en varias comunidades icticas como en la quebrada San Pablo, departamento del Valle del Cauca (Cardona *et al.* 1998, Jiménez *et al.* 1998), en los ríos San Miguel y el Sajón Bagazal en el departamento del Cauca (Román-Valencia *et al.* 1999).

5. MARCO TEÓRICO

5.1. COMUNIDADES

Una comunidad biológica esta constituida por el conjunto de diversas especies que habitan en una localidad en particular, incluyendo sus complejas interacciones bióticas (Primack *et al.* 2001); siendo uno de los objetivos de la ecología de comunidades, así como el de otras áreas biosistemáticas, el de entender los mecanismos y procesos responsables de las diferencias y/o similitudes entre diversas comunidades (Machado-Allison y Moreno, 1993) y cuando se conocen las proporciones de abundancia relativa y diversidad de especies, un cambio en ellas puede reflejar alteraciones del hábitat (Ramirez-Villarroel, P, 1993). La manera de obtener esta información es mediante la comparación de comunidades que se encuentran presentes a lo largo de gradientes ambientales (Argemier y Karr, 1984); A pesar del creciente interés por relacionar la distribución de peces y las propiedades del agua, se tiene poca comparación de patrones y amplios modelos en la distribución de estos (Matthews *et al*, 1992).

5.2. DIVERSIDAD BIOLÓGICA

El termino biodiversidad se acuño a finales de los 80's y significa diversidad o variedad biológica, se define como la variabilidad entre los organismos vivientes de toda las fuentes, incluyendo, entre otros los organismos terrestres, marinos y de otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los que forman parte; esto incluye diversidad dentro las especies, entre las especies, y de ecosistemas (Unep 1992 en Moreno, 2001). El termino comprende, por tanto, diferentes escalas biológicas: desde la

variabilidad en el contenido genético de los individuos y las poblaciones, el conjunto de especies que integran grupos funcionales y comunidades completas, hasta el conjunto de comunidades de un paisaje o región (Moreno, 2001). Sin embargo, los estudios sobre medición de la diversidad se han centrado en la búsqueda de parámetros para caracterizarla como una propiedad emergente de las comunidades ecológicas. No obstante, las comunidades no están aisladas en un entorno neutro, en cada unidad geográfica, en cada paisaje, se encuentra un número de variables de comunidades. Para ello, para comprender los cambios de la biodiversidad con relación a la estructura del paisaje la evaluación de los diferentes tipos de diversidades (alfa, beta y gamma) pueden ser útiles (Moreno, 2001).

5.2.1 DIVERSIDAD ALFA

Se puede definir como el número de especies en una comunidad o sitio determinado, la cual se acerca al concepto de riqueza de especies y puede usarse para comparar el número de especies en sitios particulares o tipos de ecosistemas (Primack, *et al.* 2001), para medir la diversidad alfa existen diferentes fórmulas matemáticas como lo son:

5.2.1.1. Índice de Riqueza de Margalef

Es la forma más sencilla de medir la biodiversidad, ya que se basa en el número de especies presentes, sin tener en cuenta el valor de importancia de los mismos. La forma ideal de medir la riqueza específica es contar con un inventario completo que permita

conocer el número total de especies obtenido por un censo de la comunidad (Moreno, 2001).

5.2.1.2. Índice de diversidad de Shannon – Wiener

Este Índice expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001).

5.2.1.3. Índice de predominio ecológico de Simpson

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes (Moreno, 2001).

5.2.2. Diversidad Beta

La diversidad beta o diversidad entre hábitats es el grado de emplazamiento de especies o cambio biótico a través de gradientes ambientales (Whittaker 1972), es decir, es una medida del grado de partición del ambiente en parches o mosaicos biológicos. Este componente de la diversidad es particularmente importante a escala del paisaje, donde cuantifica el grado de recambio de especies a lo largo de gradientes geográficos o ambientales (Primack, *et al.* 2001).

5.2.2.1 Coeficiente de similitud de Jaccard

Relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas (Villareal et al, 2004), basado en presencia – ausencia.

5.2.2.4 Coeficiente de similitud de Sorensen

Relaciona el número de especies compartidas con la media aritmética de las especies de ambos sitios (Villareal et al, 2004), basado en la abundancia de especies presentes entre hábitats.

5.2.2.5 Índices de reemplazo de especies

Estos índices proporcionan un valor de diversidad beta en el sentido biológico descrito por Whittaker (1972). Se basan en datos cualitativos (presencia-ausencia de las especies). Expresando el grado de cómo se complementa la composición entre dos o varias muestras considerando las especies exclusivas en relación con el número promedio o total. Se basan en datos de composición de especies (Villareal et al, 2004).

5.2.3.3.1. Índice de whittaker

A partir de la presencia ausencia de las especies en un conjunto de muestras, contrasta el promedio del número de especies por muestra versus el número total de especies. También muestra el número de especies que se pierden o se ganan a medida que se comparan muestras (Villareal et al, 2004).

5.2.4. DIVERSIDAD GAMMA

Es la riqueza total de especies dentro de varias unidades del paisaje o entre varios tipos de coberturas o hábitats y es el resultante de la diversidad alfa, si como el grado de diferenciación que se a desarrollado entre ellas (diversidad beta). Por lo tanto es una visión de integración de información biológica (Villareal et, al, 2004).

Para determinar la eficiencia del muestreo existen a su vez estimadores no paramétricos, que con gran facilidad resuelven uno de los principales problemas clásicos en estudios ecológicos, el cual es estimar el número de clases diferentes de que hay en una población, proponiendo así métodos que tuvieran en cuenta no solo la diversidad alfa (diversidad de especies dentro de un hábitat), sino también la frecuencias para conocer la riqueza total de especies en una comunidad, postulando a las curvas de acumulación de especies, modelos no paramétricos como lo son Chao1 (basado en la abundancia), Chao2 (basado en la incidencia), ACE , ICE, Singletons y Doubletons.

La principal ventaja de los índices es que permiten hacer comprobaciones rápidas y sujetas a un análisis estadístico, entre la diversidad de distintos hábitats o la diversidad de un mismo hábitat a través del tiempo (Ludwig, 1985; Moreno, 2001).

6. MATERIALES Y METODOS

6.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La microcuenca de la Quebrada Cristales, se encuentra ubicada en la zona centro occidental del departamento del Quindío, limitando con el departamento del Valle Cauca, involucrando en su recorrido a los municipios de Armenia y la Tebaida (Anexo 1).

La quebrada Cristales nace en el sector del sur de Armenia ($4^{\circ} 30' 41''$ N y $75^{\circ} 42' 32''$ O a una altura de 1475 m.s.n.m.), en una zona caracterizada por una topografía ondulada, el área de la microcuenca es de 91.43 Km², con una pendiente promedio de 1.25%, tiene una longitud de 33.66 Km hasta su desembocadura en el Río La Vieja (Vargas, 1997) en el sector de Valle de Pisamal ($4^{\circ} 24' 53''$ N y $75^{\circ} 51' 15''$ O a 1047 m.s.n.m.), en la cual presenta pequeñas zonas de inundación o madre viejas.

Esta zona de vida corresponde a un bosque húmedo premontano (bh-pm) (Holdridge, 1971), con una topografía de ondulada a plana. La temperatura oscila entre 18° C - 24° C (promedio 20° C), con una precipitación promedio anual de 1000 – 2000 mm (Naglés y Vargas, 2003)

6.2. FASE DE CAMPO

La microcuenca de la quebrada Cristales fue delimitada en tres zonas (alta, media y baja). para el muestreo de acuerdo con las características geomorfológicos, físicas, químicas y bacteriológicas; descritas por el grupo de investigación de Ingeniería Civil de la

Universidad del Quindío CEIFI (perteneciente al proyecto de modelación de corrientes hídricas superficiales en el departamento del Quindío).

Cada zona de muestreo se dividió en 3 puntos equidistantes, para 9 sitios de muestreos. Además fueron incluidas las cinco estaciones de muestreadas anteriormente por el CEIFI (Anexo 2), donde dos pertenecen a la zona alta, una en la parte media y dos en la zona baja, sumando en total 14 estaciones de muestreo.

Las colectas se realizaron mes a mes por un periodo de siete meses (Junio 2004 – Enero 2005), abarcando las temporadas de sequía (Diciembre – Febrero y Julio – Agosto) y lluvia (Marzo – Mayo y Septiembre – Noviembre) (Anexo 3), fueron llevadas a cabo en las horas del día, y para tener en cuenta las especies de hábitos nocturnos, se realizaron 2 salidas en horas de la noche para los periodos de lluvia y sequía.

Para captura de los individuos se utilizaron redes de arrastre de 3.6 m de ancho por 1.6 m de alto, (con un ojo de 0.5 cm. de diámetro) , nasa de 80 cm. de diámetro por 60 cm. de profundo (con un ojo de maya de 0.5 cm.) y atarraya de 3.40 m de diámetro por 3.10 m de alto (con un ojo de maya de 1.5 cm.), abarcando los diferentes microhábitas que presentará la estación: remanso, corriente o ambos a la vez, vegetación ribereña, dependiendo la dirección de la corriente (a favor o en contra). La frecuencia utilizada fue de tres arrastres por sitio, registrando el tiempo/faena para determinar esfuerzo de captura, y para individuos de gran talla se utilizó la atarraya con frecuencia de un lance por sitio, durante la esta faena los peces capturados se depositaron en un recipiente de icopor con agua para evitar recapturas y terminada la faena fueron determinado *In situ*

hasta especies y posteriormente liberados. Los ejemplares que no se pudieron determinar *In situ* se le registro la coloración en vivo y fueron depositadas en formol al 10% para conservarlos y trasladarlos al laboratorio de biología de la Universidad del Quindío, posteriormente se lavaron y se preservaron en alcohol al 70% para confirmar la determinación.

Las muestras colectadas fueron depositadas en el museo biológico de la universidad Central de Venezuela (MBUCV).

Se caracterizó el área de estudio por estación teniendo en cuenta la vegetación dominante, sustrato de la quebrada, afluentes aledaños, altitud (GPS), velocidad de la corriente se determino por lo que tarda una bola de Icopor en recorrer tres metros, *In situ* se midieron el oxígeno disuelto y porcentaje de saturación del agua (mg/l), temperatura del agua y temperatura ambiente con oxímetro, pH con potenciómetro, y humedad relativa con termohigrómetro. Además, para los periodos de sequía (agosto) y lluvia (noviembre), se tomaron muestras de agua en frascos plásticos con capacidad de un litro, para determinar otras variables en el laboratorio como: demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), el oxígeno disuelto fue titulado pasado cinco días por el método Winkler. La alcalinidad, sólidos suspendidos y sólidos disueltos, se determinaron por titulación de acuerdo a los métodos estándares (APHA 1992).

6.3. FASE DE LABORATORIO

Los ejemplares colectados y fijados previamente fueron determinados hasta el taxón más bajo posible en el laboratorio de biología de la Universidad del Quindío con empleo de

claves taxonómicas (Eigenmann, 1917, 1921,1922; Schultz, 1944a, 1944b; Saúl, 1967; Dahl, 1971; Miles, 1971,1973; Géry, 1977; Mago, 1978; Román-Valencia, 1988, 1993, 1995,1996b; Cala y Román-Valencia, 1994-1998), y con la ayuda del doctor Francisco Provenzano, Director del Laboratorio de Biosistemática del MBUCV, Caracas, Venezuela.

6.4. ANALISIS ESTADÍSTICO

Con los datos de abundancia por especies, para cada estación fueron aplicados los siguientes índices:

Índice de diversidad de la especie *i*, estimado con la función de Shannon y Weaver, citada por Margalef (1986):

$$H' = \sum (n_i/N) \log (n_i/N)$$

Siendo:

n_i: Valor de importancia para la especie *i*

N: Total de los valores de importancia.

Los rangos van de 0 a 5. Donde 0 corresponde a zonas sin diversidad, 3 moderadamente diversos y 5 muy diversos.

Índice de Riqueza Ecológica de Margalef (1958)

$$C = S - 1 / (\ln N)$$

S= Número de individuos

N= Número total de individuos de la población de una estación de muestreo.

Los rangos van de 0 a 5. Donde 0 corresponde a zonas sin riqueza, 3 a zonas con mediana riqueza y 5 con alta riqueza.

Índice de Dominancia o Predominio Ecológico (C) (Simpson, 1949)

$$C = \sum_{i=1}^S (n_i / N)^2$$

n_i = Número de individuos por género.

N = Número total de individuos de la población de una estación de muestreo.

S = Número de géneros.

Los rangos van de 0 a 1. Donde 0 corresponde a alta dominancia, 0.5 a zonas de mediana dominancia y 1 a zonas sin dominancia.

Constancia de ocurrencia de la especie i en cada sitio de muestreo j , cuantificada por la ecuación de Uieda (1984), en porcentaje:

$$C = p' / P \times 100$$

Siendo:

p' : Número de individuos de la especie i

P : Total de especímenes capturados en el sitio j

Los valores obtenidos en C , se analizan con la siguiente escala:

$C > 50$ = Especie constante

$25 < C < 50$ = Especie accesoria

$C < 25$ = Especie accidental

Índice de dominancia comunitaria (IDC), cuantificada por la ecuación de McNaughton, S.J. 1968.

$$IDC = \frac{y_1 + y_2}{Y}$$

Siendo:

y₁: abundancia de la primera especie dominante

y₂: abundancia de la segunda especie dominante

Y: abundancia total de todas las especies

Abundancia relativa, se considera con la relación entre el número de individuos de una especie y el número total de individuos de todas las especies (Ramírez-Villarroel, 1993).

Se realizará un análisis de regresión múltiple para estimar la relación entre las especies que comparten un y dos muestras (variables independientes).

Serie de números de Hill (N₂)

$$N_A = \sum (p_i)^{-1/(1-A)}$$

Es una serie de números que permiten calcular el número efectivo de especies en una muestra, es decir, una medida del número de especies cuando cada especie es ponderada por su abundancia relativa (Hill, 1973; Magurran, 1988). De toda la serie, los más importantes son:

N₀ = número total de especies (S)

N₁ = número de especies abundantes = e H'

N₂ = número de especies muy abundantes = 1/λ

Coeficiente de similitud de Jaccard

$$I_j = c / (a+b-c)$$

Donde

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

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

Coeficiente de similitud de Sørensen (Czekanovski-Dice-Sørensen)

$$I_s = 2c / (a+b)$$

Donde

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

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

Relaciona el número de especies en común con la media aritmética de las especies en ambos sitios (Magurran, 1988).

Índice de Whittaker

Whittaker (1972) describe la diversidad gamma como la integración de las diversidades beta (β) y alfa (α), por lo que beta puede calcularse como la relación γ/α , es decir,

$$\beta = S/(\alpha-1)$$

Donde

S = Número de especies registradas en un conjunto de muestras (diversidad gamma)

α = Número promedio de especies en las muestras (alfa promedio)

Para comparar las muestras se utilizará el índice de similitud basado en la presencia de especies (Krebs, 1985):

Índice de similitud: $a+b/2c$

Rango (0-----1)

Siendo:

a y b: número de especies para cada muestra

c: número de especies presentes en ambas muestras.

Diversidad Gamma

Whittaker (1972) define la diversidad gamma como la riqueza en especies de un grupo de hábitats, que resulta como consecuencia de la diversidad alfa de las comunidades individuales y del grado de diferenciación entre ellas (diversidad beta).

Schluter y Ricklefs (1993) proponen la medición de la diversidad gamma con base en los componentes alfa, beta y la dimensión espacial:

Gamma = Diversidad alfa promedio X diversidad beta X dimensión de la muestra

Donde:

Diversidad alfa promedio = número promedio de especies en una comunidad

Diversidad beta = inverso de la dimensión específica, es decir, $1/\text{número promedio de comunidad ocupadas por una especie}$

Dimensión de la muestra = número total de comunidades

Chao 1

$$Chao1 = S + (\alpha^2/2b)$$

Donde:

S = número de especies de una muestra

α = número de especies que están representadas por un único individuo (*singletons*)

b = número de especies que están representadas por dos únicos individuos (*Doubletons*)

Chao 2

$$Chao2 = S + (L^2/2M)$$

Donde:

S = número de especies total

L = número de especies que ocurren solamente en una muestra (especies "únicas")

M = número de especies que ocurren en exactamente dos muestras

Para este estimador es posible calcular también un estimador de varianza (Chao, 1984; Chao y Lee, 1992; Lee y Chao, 1994; Smith y van Belle, 1984). Colwell y Coddington (1994) encontraron que el valor de Chao 2 provee el estimador menos sesgado para muestras pequeñas.

Se empleó una prueba de análisis de varianza (ANOVA multivariado) con los atributos de la comunidad, tales como: diversidad, similaridad y ocurrencia confrontadas con las

variables fisicoquímicos, para determinar fluctuaciones significativas entre meses, zonas y las estaciones.

El procesamiento estadístico se realizó con el programa Statgraphics plus 5.0, statistix 7.0 y Metodología ecológica de Krebs 0.1 bajo Windows y los modelos y métodos no paramétricos fueron realizados con el programa *ESTIMATES6B1A versión 6.0 bajo Windows*.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. CARACTERÍSTICAS DEL HÁBITAT

La quebrada Cristales es una microcuenca de tipo secundario, con ancho entre 1-1.5m., y una profundidad media de 0,4 m para la zona alta, mientras que en las zonas media y baja presenta ancho entre 2.5-8 m y una profundidad media 1.50m con una desviación estándar de 0.60-2.30 m (Anexo 4 y Tabla 1). Sus riberas se encuentran colonizadas por remanentes boscosos muy intervenido, actualmente por el efecto antrópico ha desaparecido la vegetación presente en gran parte de las orillas de la quebrada; la parte media y alta de la quebrada se encuentran altamente deforestadas, en su mayoría la cobertura vegetal corresponde a: caña brava (Poaceae), Guadua (*guadua angustifolia*) y sistemas productivos como: monocultivo de café (*Coffea arabica*), plátano (*Musa paradisiaca*); mientras en la parte baja se encuentra compuesta por matandrea (*Hedychium esranarium*) y pasto argentino (*Cynodon dactylon*). El sustrato esta compuesto de textura mixta, conformado principalmente por arena, piedras, lodo y materia orgánica en descomposición.

La Quebrada Cristales desde su afloramiento está recibiendo residuos domésticos de los barrios del sur de Armenia y del beneficio del café; su bajo caudal, la poca pendiente y la temperatura le confieren una autodepuración baja que hace que la carga orgánica sea alta y afecte a la biocenosis acuática (Vargas, 1997).

7.1.1. Características del hábitat en la zona alta

La quebrada en la zona alta presenta las siguientes características, la vegetación ribereña esta conformada por guadua y algunos remanentes boscosos, predominando sobre estos los cultivos de plátano, café y pastos para ganadería extensiva, en esta área el cauce presenta una velocidad promedio de 0.19 m/s, su cauce es angosto oscilado su ancho entre 1-1.5m y su profundidad promedio es de 0.40m, su sustrato esta conformado principalmente por arena, lodo, materia orgánica en descomposición y cantos rodados, presento un oxígeno disuelto bajo (2.5-4.1 mg/L), la temperatura en esta zona fue de 20°C, el pH fue de ácido (4.8), en esta zona la quebrada recibe la descargas de aguas servidas del los barrios y fincas aledañas (Anexo 4 y Tabla 1). A su vez esta área se realiza la extracción de materiales (arena). De las cinco estaciones en esta zona, solo en la estación 1 la bretaña no se logro capturar ni un solo individuo en todo el periodo de muestreo, quizás porque esta estación presenta el mayor impacto ambiental, pues allí se encuentra el tubo madre de descargas de agua residual domestica.

7.1.2. Características del hábitat en la zona media

En esta zona la quebrada presenta las siguientes características: vegetación ribereña conformada por bosques de guadua y bosques en sucesión secundaria, los cuales dificultan la entrada de luz al lecho de la quebrada, presentando el cultivo de pastos en baja cantidad, la velocidad promedio incremento con relación a la zona alta 1.06 m/s, en esta área su cace se amplia mucho más y su ancho oscila entre 2.5-5m, su profundidad promedio aumenta con relación a la zona alta 1.25 m, el sustrato esta conformado

principalmente por arena, cantos rodados, materia y orgánica de origen vegetal en descomposición, presento un oxígeno disuelto alto (7.5 mg/L), la temperatura en esta zona fue de 21.5 °C, el pH fue cercano a la neutralidad (6.7), a la altura de la estación 6 a la altura de Cenexpo la quebrada recibe un afluente conservado y con aguas de buena calidad, lo cual diezma los tensores ambientales de la parte alta (Anexo 4 y Tabla 1). Esta zona se destaca por presentar una alta pendiente que le confiere alta capacidad de autodepuración, pues el agua se oxigena al chocar con velocidad con las rocas que se presentan en esta área. Las estaciones que corresponden a la parte media son la N° 6 a la altura de Cenexpo, N° 7 ubicada en el sector de las Vegas, la ocho situada en los alrededores del Aeropuerto el Edén, y la nueve la represa en la finca la Marina, vereda de Maravelez. En esta zona se presenta dos biotopos claramente definidos: los remansos que se caracterizan por presentar forma de poceta con velocidades bajas de corriente y deposición de lodos y arenas, y los rabiones los cuales son zonas de corrientes rápidas y bajas profundidades caracterizadas principalmente por sustratos rocosos.

7.1.3 Características del hábitat en la zona baja

En esta zona la quebrada entra en el valle de Maravelez y Pisamal, en donde presenta áreas de inundación o madre viejas, el espejo laminar recibe totalmente la entrada de luz, pues hay ausencia total de bosque además en este tramo se encuentra asociación de macrofitas acuáticas como mata Andrea, *Helodea sp* que brinda disponibilidad de microhábitat a la fauna acuática esta área presentando cultivos de pastos Kikuyo (*Poacea*), plátano y piña, la velocidad promedio incremento con relación a la zona media 4.5 m/s, su ancho oscila entre 2.8-16m y su profundidad promedio es de 1.80m, su

sustrato es inestable y esta conformado principalmente por sedimentos finos de arena, y fango, presento un oxígeno disuelto alto (5.5 mg/L), la temperatura en esta zona fue de 24.5 °C, el pH fue cercano a la neutralidad (7.3), las aguas en esta zona son predominantemente turbias, en estación 12 recibe las aguas de la Quebrada la Jaramilla, la cual presenta altos valores de contaminación orgánica e industrial (Ribera y Mejía 2004), lo cual hace que esta estación se presenten los valores más bajos de oxígeno disuelto para la zona (Anexo 4 y Tabla 1).

7.2. VARIABLES FISICOQUÍMICAS

7.2.1. Periodos de Sequía y Lluvia

Durante los periodos de lluvias y sequía las siguientes variables físicas y químicas presentaron un aumento durante el invierno: temperatura ambiente, porcentaje de saturación y oxígeno disuelto, pH, humedad relativa, velocidad de la corriente, ancho, profundidad (Tabla 1) mostrando así que las lluvias es el factor ambiental que más influye en la dinámica ecológica, tanto en acuática como terrestre. Esto se debe a que, en su mayoría los otros parámetros físico ambientales están subordinados a la precipitación. (Kira *et al*, sf), el aumento en el invierno en los sólidos totales, suspendidos y disueltos (Tabla 1) pueden estar influenciados por procesos de lixiviación y escorrentía que sufre la cuenca con las lluvias, iguales resultados fueron encontrados por Botero B. Y Román-Valencia (Sometido) para la quebrada Tinajas. La (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) tuvieron valores mayores en sequía que en lluvia (Tabla 1), quizás este aumento este relacionado con la mayor abundancia de algas en el verano las cuales dispara la demanda de oxígeno en el medio.

Tabla 1. Variables físicas y químicas de dos periodos climáticas, en la quebrada Cristales, Alto Cauca, Colombia.

Variabes	Sequía Julio de 2004 (Promedio)	Lluvia Noviembre de 2004 (Promedio)
Temperatura del agua (°C)	20	22,6
Temperatura del ambiente (°C)	17,2	23,6
Porcentaje de saturación de OD.	91	97
Oxigeno disuelto (ml/l)	5.4 (2.2-8.3)	7.3 (2.5-8.5)
pH	6,36	7,7
Humedad relativa (%)	92	94
Sustrato	Fango y detritos	Arena y detritos
Color	Oscuro	Café
Velocidad de la corriente (m/s)	0.25	0.84
Ancho (m)	2,95	4,06
Profundidad (m)	0,6	1.2
D.B.O (mg/l)	14	9
D.Q.O (mg/l)	30	23
Sólidos totales (mg/l)	70	99
Sólidos suspendidos (mg/l)	3	5
Sólidos disueltos	69	96

7.3. COMUNIDAD DE PECES

En este estudio, se hallaron 16 especies pertenecientes a 5 familias, las cuales representan un 26.5 % del total de las especies registradas hasta el momento para el alto Cauca, número que muy posiblemente podría incrementarse, teniendo en cuenta los

nuevos registros que se encuentran bajo sometimiento por parte del laboratorio de ictiología de la universidad del Quindío.

7.4. CONSTANCIA DE OCURRENCIA.

De las 16 especies colectadas solo *Brycon henni* fue constante en la quebrada para ambos períodos climáticos, con un aumento leve en la temporada de lluvias (Figura 1) y a su vez fue constante en la zona baja, accesoria en la zona media y accidental en la zona baja (Figura 2); resultados similares fueron encontrados por Jiménez *et al.* (1998) para esta especie y plantean una migración de las hembras y los machos de las aguas turbias de los ríos y quebradas, a lugares de agua claras, poco profundas y de lugares arenosos, para realizar allí el desove, la no captura de individuos adultos de *Brycon henni* por Jiménez *et al.* (1998) puede estar influenciados por el método de captura y no por la migraciones reproductivas.

Mientras que el resto de especies fueron accidentales para los dos periodos (lluvia y sequía), siendo de este grupo *Poecilia caucana* la especie con más alto porcentaje de ocurrencia en ambos periodos (Figura 1), a su vez *P. caucana* es la única especie constante en la zona alta (Figura 2), ya que en esta zona proliferan aguas lénticas y sustrato conformado por arena y fango, iguales resultados fueron reportados para esta especie por Jiménez *et al* (1998) dado que la especie prefiere este tipo de aguas y sustratos que favorecen sus supervivencia debido a que en el periodo seco entierran sus huevos hasta el inicio de la lluvias (Machado-Allison 1987). *P. caucana* mostró una tendencia a la agregación de individuos, Bussing (1993) registra para *Poecilia gillii* similar

tendencia a la agregación y una dieta basada en fango y algunas algas filamentosas y diatomeas, dado lo anterior *Poecilia caucana* es una especie euriótica, con una plasticidad ecológica que le facilitan explotar y tolerar los tensores ambientales de la parte alta, dado que posiblemente esta especie se este alimentando de las algas y el fango que prolifera en esas áreas. Otra adaptación característica de los guppys y posiblemente de *Poecilia caucana* es ser una especie vivípara que le confiere la característica no exponer ovocitos a la degradación generada por los tensores ambientales.

Argopleura magdalenensis aumenta su constancia de ocurrencia para periodo de lluvias, mientras que desciende en periodo de sequía, confirmando así lo planteado por (Perdono y Román-Valencia 2003) posiblemente producto de migraciones tróficas o reproductivas.

Roebiodes dayi solo se presento en la parte baja como una especie accidental (Figura 2), presentando un aumento en el periodo de lluvia, corroborando así lo planteado por Román-Valencia *et al.* (2003), Jiménez *et al.* (1998), los cuales plantean que *R. dayi* alcanza los 1100 m.s.n.m y habita en ríos y quebradas, quizás porque los pequeños riachuelos le confieren un lugar optimo para el desarrollo de diferentes eventos en su ciclo de vida.

Además, *Apteronathus rostratus*, *Imparfinis nemecheir*, *Rhamdia quelen*, *Chaetostoma fischeri* y *Lasiancistrus caucanus* son especies accidentales y solo fueron encontradas a medida que la altitud baja, viéndose representadas solo para la parte baja, asociados a microhabitats con abundante vegetación ribereña como pasto Kikuyo (*Poacea*),

Matandrea, *Helodea sp* y sustratos conformados por arena, piedra y lodos, *L. caucanus* fue capturado predominantemente en la sitios con alta presencia de Matandrea, ubicados de bajo de las hojas que están sumergidas, quizás porque en estos microhabitas se asocian algas epifíticas que son uno de los principales ítems alimenticios de *L. caucanus* (Samudio y Román-Valencia 2004); *A. rostratus*, *I. nemecheir*, fueron asociados principalmente a pasto Kikuyo (*Poacea*), mientras que *Xiphophorus hellerii* (especie introducida) y *Briconamericus caucanus* se representan solo en la parte media (Figura 2).

Sin embargo, los datos obtenidos para la constancia de ocurrencia en general en los periodos, seco y lluvioso a lo largo de cuenca se encuentran valores menores a 25 (Figura 1), confiriéndole el termino de especies accidentales, por otra parte, el aumento gradual de la constancia de ocurrencia para las zonas (alta, media y baja), se encuentra determinada a medida que disminuye la altitud, cumpliéndose esto también para los trabajos realizados por Jiménez (1998) y Román-Valencia (1999).

Mientras que la zona que obtuvo el mayor porcentaje de ocurrencia de las especies fue la zona baja de la quebrada, debido a que en este sector el cauce, presenta mejores condiciones fisicoquímicas, mayor disponibilidad de refugios y microhábitas pues posee abundante vegetación asociada y pequeñas zonas de inundación o madre viejas, además de presentar una dinámica trófica propia por su condición de riachuelo, la quebrada se clasifica en una cuenca de tercer orden, los que indica que la diversidad de especies esta asociadas hacia las partes bajas (Figura 2).

Nebiolo (1987) y Roman-V (1998), plantearon que el aumento del número de especies a medida que disminuye la altura, refleja el incremento del porcentaje en la constancia de ocurrencia y en el índice de diversidad en el tramo medio y bajo de una cuenca, debido al grado de complejidad del ambiente, a la formación y a la disponibilidad de nutrientes. Esto fue corroborado para la quebrada Cristales.

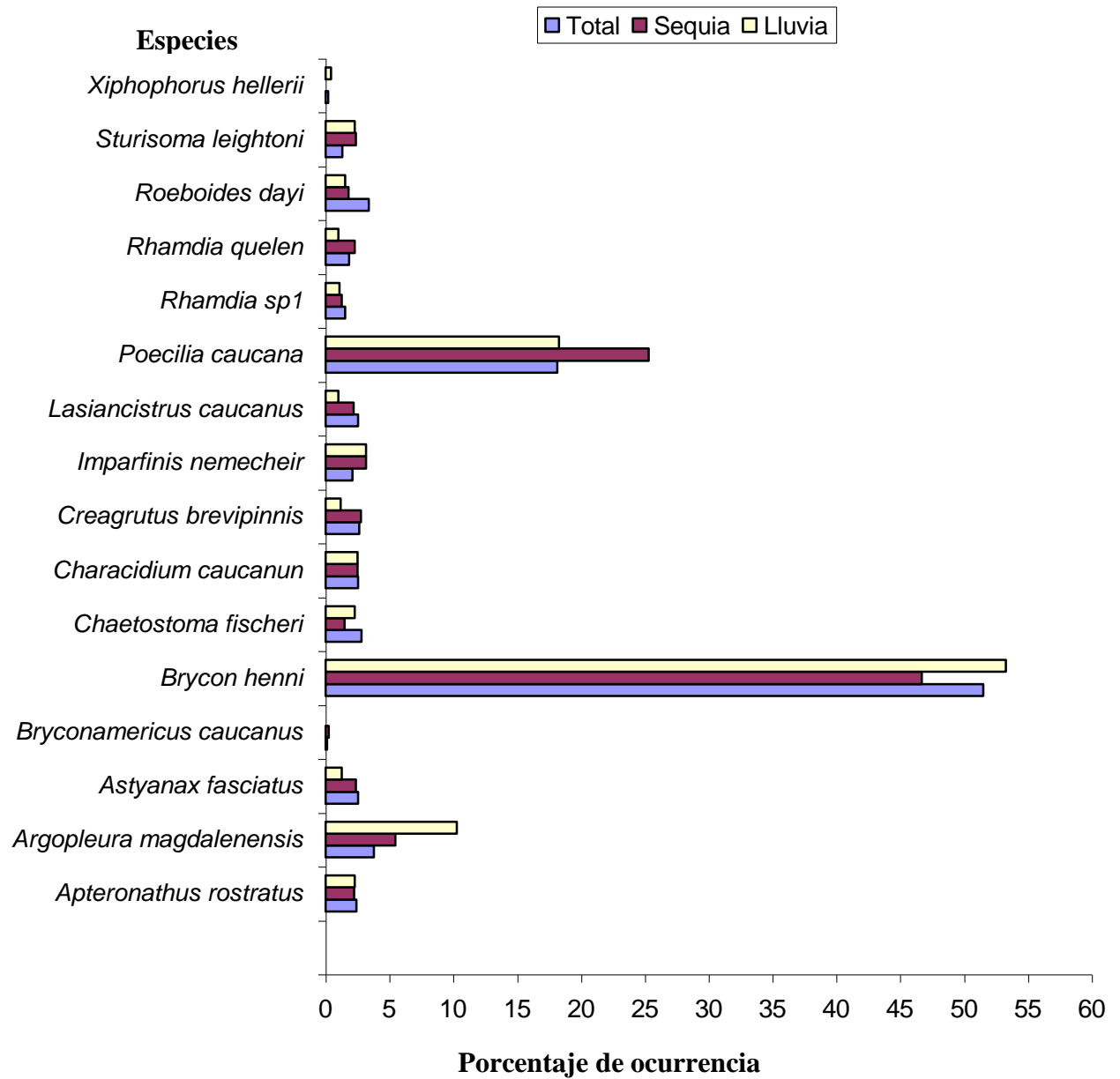


Figura 1. Constancia de ocurrencia de las especies colectadas en la quebrada Cristales, periodos sequía y lluvia .

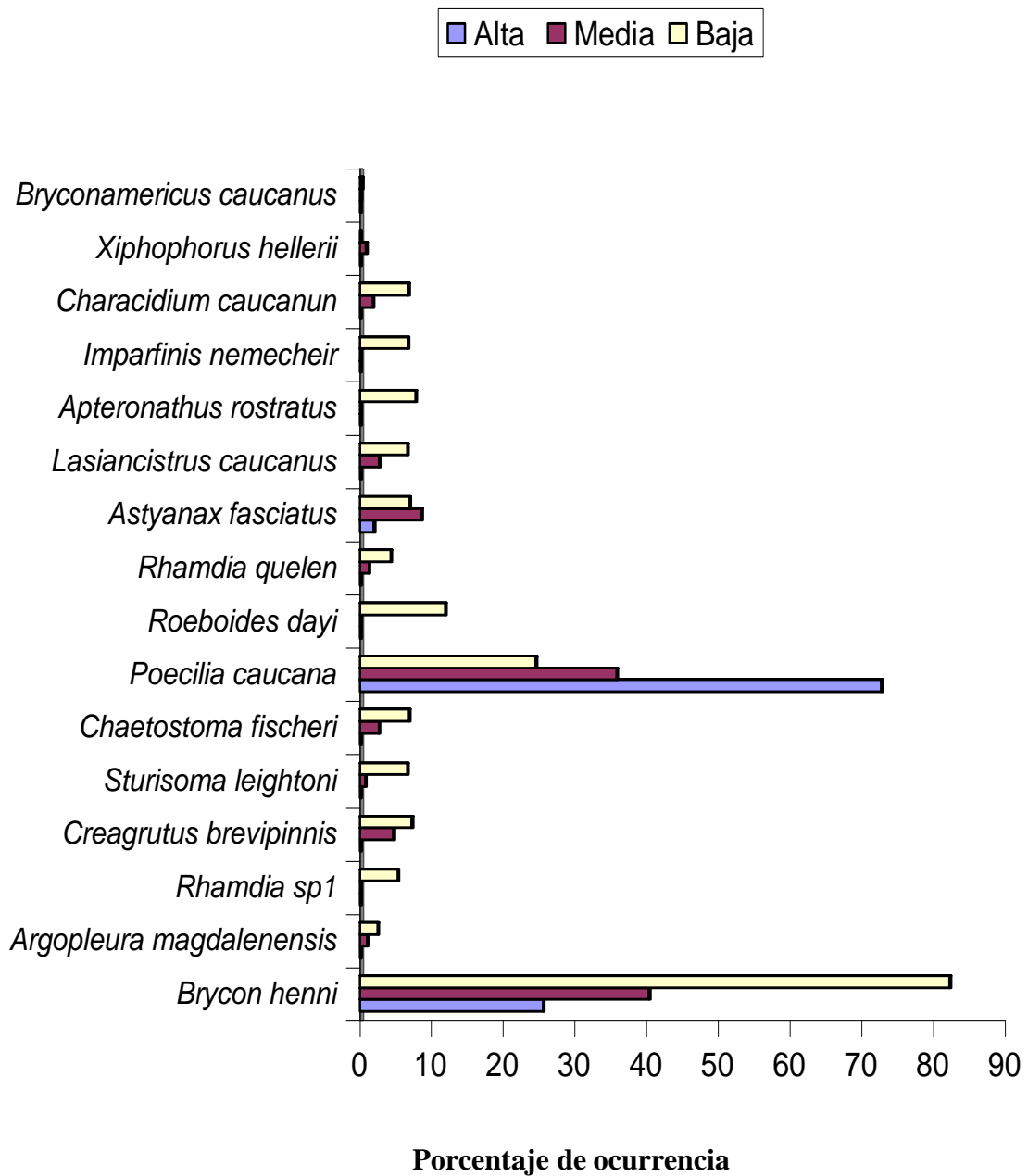


Figura 2. Contancia de ocurrencia de cada una de las especies, en la quebrada Cristales (Julio 2004-Enero 2005)

7.5. INDICES DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA

7.5.1 DIVERSIDAD ALFA

7.5.1.1. Índice de Riqueza de Margalef (Riqueza específica)

Este índice presentó su valor máximo (2.2 bits/ind) en la estación 14 (Desemboque quebrada) y su mínimo (0 bits/ind) en la estación I (La Bretaña) (Anexo 8 y Figura 4).

7.5.1.2. Índice de predominio ecológico de Simpson (Abundancia proporcional)

Los resultados más altos fueron para las zona baja, correspondiente a las estaciones 10 (Maravelez) y 11 (Pisamal) con 0.83 y 0.80 respectivamente; mientras que para la zona alta, la estación I (La Bretaña) presentó la dominancia más baja (1) lo que significa sin dominancia (Anexo 8 y Figura 6).

7.5.1.3. Índice de diversidad de Shannon – Wiener (Estructura-equidad)

Para el Índice de Diversidad Biológica de Shannon – Wiener, se reportó el valor máximo (3.15) en la estación 10 (Maraveles) y el valor mínimo (0) en la estación 1 (La Bretaña) (Anexo 8 y Figura 4).

7.5.1.4. Serie de Hill N_2 (Estructura-dominancia)

Este índice reportó su menor puntuación (0) para las zona alta, en las estaciones 1 y 4 (La Bretaña-Vivero). Mientras la mayor puntuación (6.02) fue en zona baja, en la estación 10 (Maravelez) (Anexo 8 y Figura 3).

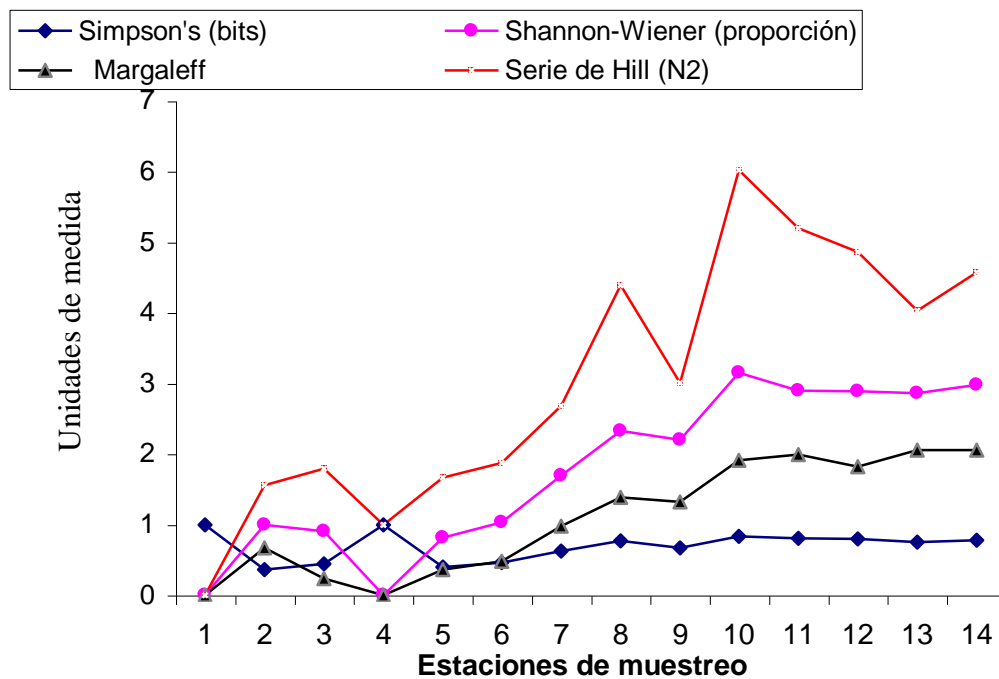


Figura 3. Representación de los índices de diversidad alfa, en la cuenca de la quebrada Cristales Julio 2004 – Enero 2005.

La alta diversidad de especies que presenta la ictiofauna dulceacuícola suramericana, supuestamente es el producto de una intensa radiación adaptativa, iniciada durante un largo período de aislamiento geográfico durante el terciario; otras causas como heterogeneidad espacial, estabilidad climática, competencia, depredación y alta productividad en los trópicos, contribuyen en parte a explicar esta alta diversidad (Lowe-

MacConell, 1975); esto se evidenció en la quebrada Cristales (Figura 3) donde se observa el comportamiento diferenciado de cada una de las zonas. Pues la diversidad aumenta conforme aumenta la heterogeneidad de la quebrada.

Al interpretar la diversidad alfa con relación a los tensores ambientales las estaciones 4, 9 y 12, muestra la influencia negativa de los tensores ambientales disminuyendo en estas el valor de los índices; puesto que las estaciones mencionadas reciben descargas de aguas residuales, la estación cuatro recibe una descarga directa del Parque de Recreación Popular, la estación nueve es un sitio frecuentado para la recreación y el lavado de automotores, y la estación 12 se ve afectada por la desembocadura de la quebrada la Jaramilla, la cual presenta una alta contaminación de tipo doméstico e industrial

Además, Margalef (1986), plantea que la diversidad de las poblaciones de peces suelen estar entre 1.5 y 3.0 bits, los datos obtenidos en este estudio en su mayoría se encuentran en este rango, aunque variaron a lo largo de la quebrada, viéndose afectada la diversidad ictiológica.

Hoy en día, se sabe que las comunidades naturales con alta diversidad presentan una mayor estabilidad que las comunidades artificiales o perturbadas (Whittaker, 1975). Para el caso de Colombia, caracterizada también por una gran riqueza de especies, atribuida a la heterogeneidad espacial y a la depredación (Mago, 1978).

7.5.1.5 Estimador de diversidad paramétrico y no paramétrico (Riqueza-estructura)

La curva observada y los estimadores (Figura 4), muestran el comportamiento deseado de la comunidad de peces en las estaciones, indicando así que el muestreo presentó una alta significancia, debido a que las 16 especies fueron colectadas a la décima unidad de muestreo. Hasta el momento la eficacia del muestreo presentó para Chao1 (94.3 %), Chao2 (91.5%), ICE y ACE con la misma representación (100%), para singletons y doubletons, como la curva asintótica de singletons tiende a descender presentó un corte en la novena unidad de muestreo, indicando que se realizó un muestreo significativo (Figura 4).

Tal como se muestra en el estudio, las curvas de frecuencia acumulada de especies y los censos resultaron ser estimadores efectivos y apropiados para la diversidad de la comunidad. En la mayoría de los casos se censaron desde el 90% al 100% de las especies, antes de completar todos los recorridos, lo que según Dollof y colaboradores (1996) es una condición necesaria para una buena validación de la metodología.

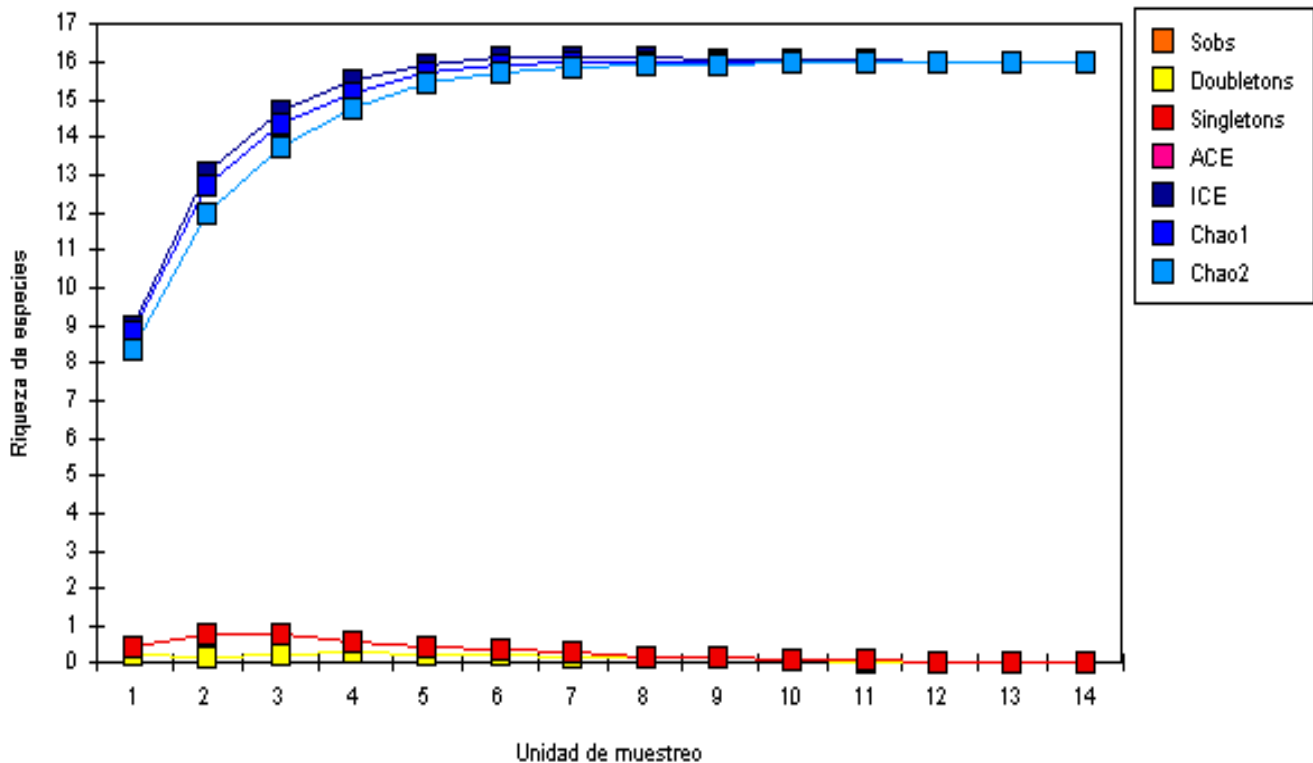


Figura 4. Estimadores de diversidad paramétricos y no paramétricos para la comunidad de peces presentes en la quebrada Cristales (Julio 2004- Enero 2005).

7.5.2. DIVERSIDAD BETA

7.5.2.1. Índices de similitud de Jaccard y Sorensen (Cualitativos)

Teniendo en cuenta el grado de similitud presentado en cada una de las estaciones de la quebrada, se infiere que el comportamiento de similitud en la cuenca es constante durante las estaciones de muestreo. Sin embargo, según los coeficientes de similitud de Jaccard (Anexo 6) y Sorensen (Anexo 7) el valor máximo ($I_j = 100\%$ $I_s = 100\%$) se presentó entre la estación 3 y 11 de la zona alta, donde la diversidad de peces es muy baja contando sólo con tres especies, esta similitud fue afectada por los tensores ambientales.

Mientras que las estaciones 7 y 13 que corresponden a la zona baja de la quebrada cuentan con una alta diversidad de peces, estas estaciones también presentaron una similitud del 100% para los índices de Sorensen y Jaccard (Anexo 6 y 7), debido a la estructura de hábitat que presentan las estaciones; en ambos hábitats hubo predominio de macrófitas acuáticas, matandrea, pastos y guadua *angustifolia*, que ofrecen a los peces disponibilidad de microhábitat y heterogeneidad espacial, a su vez la quebrada presentó sustrato de arena y algas.

Las condiciones físicas y químicas entre todas las estaciones de la parte alta fueron similares entre sí, lo mismo ocurrió con las estaciones de la parte baja, sin embargo entre las estaciones de la parte alta y baja se presentaron diferencias en los valores de las variables, lo que indica que el comportamiento de las especies se encuentra muy relacionado con el tipo de hábitat que presenta la quebrada.

Las estaciones 7-8-9-13 y 14 (zona baja) fueron las que presentaron mayor similitud entre las variables físico-químicas y la presencia de especies (Anexo 6 y 7); estos sitios son los que se encuentran relativamente más conservados y con menos intervención, permitiendo así generar un ambiente un poco más adecuado para la sobrevivencia de la ictiofauna. El grado de similitud más bajo se presentó en las estaciones de la parte alta, debido a que presentaron un grado de perturbación mayor.

Si se observa la relación que se presentó en cada una de las partes de la cuenca (alta, media y baja), se puede decir que la quebrada presenta tres comportamientos diferentes,

asociados fundamentalmente al hábitat y a las condiciones físico-químicas las cuales son determinantes en la composición y diversidad de peces.

Al interpretar la similitud de la comunidad entre cada una de las estaciones permite explicar la igualdad o diferencia de estas a lo largo de la quebrada y como se complementan las estructura de hábitat entre sí.

El coeficiente de similitud presentado en la quebrada Cristales, esta determinado por los tensores que reflejan el grado de deterioro de la quebrada, producido por factores antrópicos (cultivos, ganadería, aplicación de agroquímicos, extracción de materiales, destrucción de la vegetación ribereña, desechos domésticos e industriales) descargados directamente en el cuerpo de agua y más aún para la mayoría de afluentes pertenecientes a el Alto Cauca, siendo estos factores los mismos que trazó Román-Valencia (1993).

7.5.2.2. Índice de Whittaker (Reemplazo de especies)

El comportamiento de la diversidad beta entre cada uno de las estaciones, presentó una proporción mayor en la parte baja, estación 14 (0.91), mientras que el menor registro (0) se presentó en la parte alta, estación 1 (Bretaña). Sin embargo la estaciones presentan un comportamiento similar en cada uno de las zonas (alta, media y baja), dejando notar un crecimiento prolongado en la diversidad a partir de la estación 6, correspondiente a la parte media (Figura 5).

La Figura 5, muestra la diferenciación entre las zonas, si se observa cada una de las estaciones presentadas durante toda la quebrada se podría decir que el mayor influencia del tensor esta en la estación 1, debido a que esta estación recibe de forma directa los residuos domésticos de los barrios aledaños; a medida que aumenta el caudal se observa una autodepuración de la quebrada por lo cual los efectos de los tensores sobre la biodiversidad no son tan notorios. El fluctuación existente en la diversidad de especies de peces en las estaciones 5 y 6 determinan el paso de la zona alta a la media, lo cual es producto de la desembocadura de un afluente bien conservado, que disminuye la concentración de los contaminante. Algo similar ocurre en el paso de la zona media a la baja (estaciones 9 y 10) ya que la quebrada aumenta su capacidad autodepurativa; en la estacion 12 de la zona baja se observa un declive en los valores del indice, debido al desemboque de la quebrada La Jaramilla.

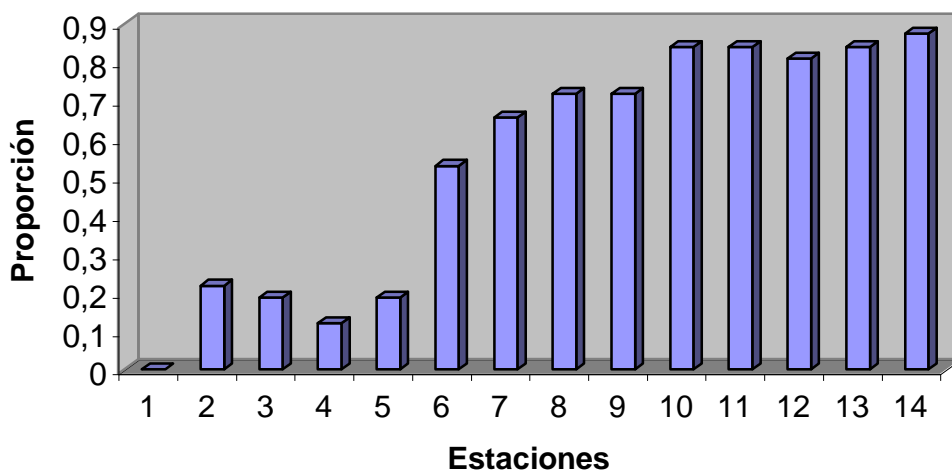


Figura 5. Valores del indice de Whittaker (diversidad beta), en la quebrada Cristales Julio 2004-Enero 2005.

7.5.3. DIVERSIDAD GAMMA

El valor de la diversidad gamma obtenido está expresado en número de especies por elemento biológico analizado (comunidad), basándose en las contribuciones de las diversidades alfa y beta, la quebrada Cristales presentó un valor de 14.56, el cual se aproxima al número total de especies para la cuenca, lo cual según Schuller y Ricklefs (1993 tomado de Villareal *et al.* 2004), resulta particularmente útil cuando se pretende cuantificar el cambio en la diversidad de especies como resultado de perturbaciones o modificaciones en el ecosistema a nivel del paisaje los componentes alfa, beta y gamma.

La modificación parcial o fragmentación de los paisajes puede repercutir en extinción de especies a nivel local (diversidad alfa), pero la aparición de distintas condiciones ambientales (mayor heterogeneidad) puede aumentar el grado de reemplazo de las especies. Si los cambios favorecen la entrada de elementos externos, al integrarse éstos al conjunto regional aumenta la diversidad gamma (Halffter *et al* 2000), lo anterior se cumple en el presente trabajo, pues en la estación uno de la quebrada no fueron colectada ningún individuo, y la baja diversidad de especies en este sector puede estar evidenciando un diezmo en las poblaciones de la quebrada, además a medida que aumenta la entrada de elemento externos (desembocaduras de afluentes al cauce) influyen directamente sobre la diversidad tanto de manera positiva como negativamente.

7.5.4. ÍNDICE DE DOMINANCÍA COMUNITARIO

Este índice reporto a la especie *Brycon henni* como la dominante en toda la comunidad con un 59.63% Dc, y la segunda especie más dominante fue *Poecilia caucana* con una dominancia del 23.40% Dc.

7.6. LISTA DE LAS ESPECIES ENCONTRADAS EN LA QUEBRADA CRISTALES

A continuación se presenta la lista de las especies de la quebrada cristales, la cual se ordenó siguiendo la clasificación propuesta por Nelson (1994).

Especies

Nombre común

Clase: Osteichthyes

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Argopleura magdalenensis

Sardina

Astyanax fasciatus

Sardina colirroja

Bryconamericus caucanus

Sardina

Brycon henni

Sardina

Creagrutus brevipinnis

Cabeza de candado

Characidium caucanun

Sardina

Roeboides dayi

Juan viejo-Jorobado

Orden: Gymnotiformes

Familia: Apterotonidae

Apterotonus rostratus

Boca de perra

Orden: Siluriformes

Familia: Pimelodidae

<i>Rhamdia sp1</i>	Barbudo
<i>Imparfinis nemecheir</i>	Barbudo
<i>Rhamdia quelen</i>	Bardudo

Familia: Loricariidae

<i>Chaetostoma fischeri</i>	Corroncho
<i>Lasiancistrus caucanus</i>	Corroncho
<i>Sturisoma leightoni</i>	Corroncho

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

<i>Poecilia caucana</i>	Guppy
<i>Xiphophorus hellerii</i>	Especie Introducida

7.7. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LAS ESPECIES ÍCTICAS

7.7.1. *Brycon henni* (Pisces: Characidae)

Fue la especie más abundante con 2200 individuos (Anexo 5), presentó amplia distribución (alta, media y baja), fue capturada en los diferentes cariotipos o microhábitat (orilla, fondo, superficie, etc.). Su población se caracterizó por presentar talla juvenil para toda la quebrada, mientras que los individuos de mayor talla se colectaron en la parte baja de la cuenca asociado a aguas más calidas, esta especie presenta demanda fuerte a la actividad pesquera en la quebrada.

7.7.2. *Chaetostoma fischeri* (Pisces: Loricaride) (Figura 6)

Se colectaron 164 individuos (Anexo 5), presentaron una longitud estándar media de 23 cm, prefieren las partes profundas de la quebrada donde existen algas y sustrato lodoso, aguas con tensores ambientales y temperaturas entre 18-20°C. Además exhiben

dimorfismo sexual relacionado con el color oscuro para los machos y un café más claro para las hembras, sólo se pudo colectar con la atarraya, porque con la red de arrastre se presentó poca efectividad a la hora de la colecta, debido a sus hábitos alimenticios.



Figura 6. *Chaetostoma fischeri* (Pisces: loricaride), colectado en la quebrada Cristales, Alto Cauca, Colombia.

7.7.3. *Roeboides dayi* (Pisces: Characidae) (Figura 7)

Esta especie tuvo 215 individuos (Anexo 5), se caracterizó por encontrarse en la orilla de la quebrada, asociadas a vegetación ribereña (pastos), prefiriendo aguas claras. La especie presentó picos de mayor colecta en el período de lluvia, demostrando que esta especie exhibe eventos tróficos o reproductivos. Se logró colectar con los tres métodos propuestos.



Figura 7. *Roeboides dayi* (Pisces: Characidae), colectado en la quebrada Cristales, Alto Cauca, Colombia.

7.7.4. *Rhamdia sp1* (Pisces: Pimelodidae) (Figura 8)

Esta especie se encuentra representada por 87 individuos durante el muestreo. Durante este estudio no se logró determinar hasta especie debido a esto la especie se encuentra sometida a procesos de identificación en el MBUCV. Esta especie se capturo en zonas caudalosas, asociados a un tramo pequeño de la parte baja de la quebrada, se caracterizó por preferir las orillas con sustrato arenoso-rocoso, capturándose con cualquiera de los métodos aplicadas en este trabajo (nasa, atarraya, red de arrastre).



Figura 8. *Rhamdia sp1* (Pisces:, Pimelodidae), colectado en la quebrada Cristales, Alto Cauca, Colombia.

7.7.5. *Xiphophorus hellerii* (Pisces: Cichlidae) (Figura 9)

De los 14 individuos colectados para esta especie (Anexo 5) todos fueron reportados solo en periodo de lluvias en la media, lo que supone que la especie presenta migraciones tróficas o reproductivas. Los machos de la especie se distinguen por la prolongación del lóbulo inferior de la aleta caudal con una coloración vistosa, mientras que las hembras no presentan esta característica. Esta especie no se encuentra reportada para el Alto Cauca, posiblemente por que esta especie es introducida; se caracteriza por asociarse a agua claras, con sustrato rocoso.



Hembra 6.5 cm Longitud total



Macho 11.1 cm longitud total

Figura 9. *Xiphophorus hellerii* (Pisces: Cichlidae), colectado en la quebrada Cristales, Alto Cauca, Colombia.

En el río la Vieja, perteneciente al Alto Cauca Colombiano, el número de especies decrece fuertemente en relación a la altura, sin embargo para la cuenca baja se encuentran aproximadamente 31 especies (Román-Valencia, 1993), siendo las especies más abundantes: *Argopleura magdalenensis* (32%), *Chaetostoma fischeri* (29.8%), y *Poecilia caucana* (13.4%).

De acuerdo a los resultados obtenidos para la quebrada Cristales, afluente del río La Vieja, a pesar de sólo presentarse 16 especies en toda la cuenca, las especies planteadas por Román-Valencia (1993) también fueron reportadas en estudio pero en menor porcentaje, (4.7%, 2.8% y 1.9%) respectivamente. Sin embargo se observaron especies introducidas en la cuenca como el *Xiphophorus hellerii* con una frecuencia del 1.2% a pesar de no estar reportada para el alto cauca Colombiano.

Según Brown (1984), Flecker (1992), Wootton (1992) y Gaston (1996) que la distribución y abundancia de los peces están sujeta a cambios generados por las condiciones abióticas adversas y a la interacción de una gama de variables biológicas que inciden desde los estados larvarios y juveniles como competencia de recursos, susceptibilidad a enfermedades, predación, dispersión de colonización y el parasitismo, este ultimo, demostrándose para *Chaetostoma fischeri*.

Lasso en 1992, plantea que la composición y riqueza del orden *Pimelodio* depende de las características del hábitat, siendo muy susceptibles a cambios fisico-químicos, esto se mostró en el presente estudio, debido a que esta las especies de este orden sólo se asociaron a los lugares más estables de la quebrada. Además en el 2002 Lasso, propone que la distribución de los peces en general en los cuerpos de agua, están relacionados directamente con las características fisicoquímicas del lugar donde desarrollan su actividad trófica; si se observan las condiciones fisicoquímicas que ofrece la quebrada Cristales, se podría decir que dicha quebrada cumple lo planteado anteriormente. Además las variables fisicoquímicas cambiantes son un factor decisivo que marca fuertes cambios estacionales en los ecosistemas acuáticos tropicales (Roldán, 1980, 1984; Viña y Ramírez, 1998).

Uieda (1984), plantea que el tener factores como la hidromorfología, la heterogeneidad especial y la abundancia permite pensar que el estudio de la constancia de especies en una determinada comunidad de peces puede demostrar no solamente la migración o la residencia de especies, sino también el posible efecto de los cambios estacionales sobre la comunidad. A pesar de que la constancia de ocurrencia es una medida exclusivamente

cualitativa (Dajoz, 1983), los valores obtenidos en este estudio reflejan un dato importante, ya que las especies más abundantes tuvieron resultados similares a los obtenidos por Sabino y Castro (1990) y Jiménez *et al.* (1998).

Posiblemente *Roebiodes dayi*, al igual que *A. Magdalenensis* presentó migración reproductiva o trófica como lo plantea Román-V *et al.* (2003), debido a que se encontró solo en la parte baja de la quebrada, quizás porque los pequeños riachuelos le confieren un lugar óptimo para el desarrollo de diferentes eventos en su ciclo de vida.

Para posteriores estudios se podría realizar un monitoreo que permita integrar la mayoría de las áreas, ecológicas y biológicas, para demostrar cual sería el comportamiento de la quebrada con el tiempo, siguiendo las recomendaciones planteadas.

8. CONCLUSIONES

Se puede decir que la integración de los índices de diversidad alfa, beta y gama, sin importar que sean cualitativos o no, representan un método eficiente y confiable para la obtención de información no sólo relativo a la composición y diversidad, si no también, sobre los datos estructurales, etológicos y ecológicos en condiciones completamente naturales o intervenidas.

Las variaciones de los índices de diversidad de la comunidad de peces registrados a través del muestreo en la microcuenca, están relacionados con la disponibilidad de alimento, de hábitat, y las condiciones fisicoquímica que le confiere la quebrada.

Algunas variables fisicoquímicas (oxígeno disuelto, velocidad de la corriente, pH, y sustratos de la cuenca) afectan la diversidad y la interrelación de las variables bióticas y abióticas dejadas al gradiente altitudinal, son responsables de la distribución y abundancia de las especies de peces en la quebrada Cristales.

La implementación de los métodos de captura (atarraya, nasa y red de arrastre) jugaron un papel muy importante en la colecta puesto que se logró colectar de manera heterogénea toda las tallas posibles que presentan las especies que se reportaron en este estudio.

Se hace necesario establecer un análisis (taxonómico y descriptivo) más exhaustivo en la especie *Rhamdia sp1*, debido a que no se logro su determinación ya que posiblemente podría registrarse como nueva especie para la ciencia.

Se requiere de forma inmediata un estudio de la especie introducida, para evaluar el que podría impactar en la diversidad de la ictiofauna local y nativa.

Estudios como el presente demuestran que la diversidad biológica y la ecología de los peces permiten establecer una amplia gama de líneas de investigación integradas que permitan entender y obtener mejor conocimiento de la función e importancia de la gran cantidad de biotopos presentes en regiones que están bajo los efectos de procesos de intervención antrópica y la influencia estacional (lluvia y sequía).

9. RECOMENDACIONES

Se requiere adelantar procesos de reforestación con especies nativas en la quebrada cristales, que conlleven al mantenimiento de la vegetación aledaña ya que con esto se podría de forma natural mitigar el impacto que se ha generado.

Llevar acabo propuestas que permitan un monitoreo continuo a largo plazo de las especies que presentan las quebradas de alta montaña.

Para posteriores trabajos se tenga en cuenta la aplicación de la metodología propuesta en este trabajo, siguiendo las diferentes recomendaciones que brinda este trabajo.

Se recomienda hacer un proceso de educación ambiental a la comunidad aledaña de la quebrada, por medio de charlas y talleres que despierten interés en preservar y mantener las fuentes de agua como un patrimonio personal y regional.

10. BIBLIOGRAFÍA

Alzate-Marín, M. 1996. Aspectos de la biología de la langara *Trichomycterus caliensis* (Eigenmann, 1912) y del negro *Astroblepus* cf. *Cyclopus* (Humboldt, 1803) (Pisces, Siluriformes) en la cuenca del río Quindío, Alto Cauca. Trabajo de grado para optar por el título de Licenciado en Biología y Ed. Ambiental. Universidad del Quindío. Pp 1-49.

Argemier, P. y J. Karr. 1984. Fish communities along environmental gradients in a system of tropical streams. *Envir. Biol. Fish*, 9 (2): 39-57.

APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Días y Santos, Juan Bravo, 3-A 28006 Madrid España.

Berg, J., 1979. Discussions on methods of investigating the food of fishes, with reference to preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Mar Biol.*, 50:263-273.

Bussing A. W. 1993. Fish communities and environmental characteristics of a tropical rain forest river in Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 4: 791-809.

Brown, J. 1984. On the relationship between abundance and distribution of species. *Amer. Naturalist* 124 (2): 255-279.

Cala, P. 1977. Los peces de la Orinoquia Colombiana. Lista preliminar anotada. *Lozania*. 24: 21p.

Cala, P. 1987. La Ictiofauna dulceacuícola de Colombia: Una visión histórica y su estado actual. *Rev. Acad. Colomb.* XVI (62): 69-84.

Cala, P. 1974. La ictiofauna dulce acuícola colombiana como parte de un estudio integrado en la explotación y uso racionales de los recursos naturales. *Inst. Panamer. Geogr.. Hist. Publ.* 358: 209-218. Comisión de geografía, Santiago.

Cala, P. 1987. La ictiofauna dulceacuícola de Colombia. Una revisión histórica y su estado actual. *Rev. Acad. Colomb.* XVI (62): 69-84.

Cala P. 1990. Diversidad, adaptaciones ecológicas y distribución geográfica de las familias de peces de agua dulce de Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* XVII (67): 726-740.

Cardona, M. 1996. Composición y estructura de las comunidades de peces de la quebrada San Pablo, Cuenca del Río La Paila, Alto Cauca, Colombia. Trabajo de grado, Programa de Biología. Universidad del Quindío, 70pp.

Cardona, M; Román-Valencia, C; Jiménez, J. L; HURTADO, H. 1998. Composición y diversidad de la quebrada San Pablo en Alto Cauca, Colombia. *Boletín Ecotrópica* No. 32. 11-24

Colwell, R. K. Y J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical transactions of the Royal Society of London Series B*, 345: 101-118.

Chao, 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. Scandinavian Journal Of Statistics, 11: 256-270.

Chao, A y M-S. Lee. 1992. Estimating the number of classes via sample coverage. Journal of the American Statistical Association, 97: 210-217.

Dahl G. 1971. Los Peces del Norte de Colombia. Inderena. Bogotá, 391p.

Dollf, A., Kerhener, J. y Thrurow, R. 1996. Underwater observations. Muihy y D Willis Eds. Fisheries techniques Pp 533-544

Eigenmann, C.H. 1917. The American Characidae. Mem. Mus. Comp. Zool. XLIII. Part 1:1-102.

Eigenmann, C.H. 1921. The American Characidae. Mem. Mus. Comp. Zool. Vol. XLIII. Part 3: 209-310.

Eigenmann, C.H. 1922. The Fishes of Northwestern South America, Part I. The Fresh-water Fishes of Northwestern South America, including Colombia, Panama, and the Pacific slopes of Ecuador and Perú, together with an appendix upon the fishes of the Río Meta in Colombia. 9 (1): 1-346.

Flecker A. S.1982. fish tropical guil and estructure of tropical strem: weak direct Vs strong indirect efects. Ecology, .73 (3) 927-940.

Flecker, A S. 1992. Fish predation and the evolution of invertebrate drift periodicity: Evidence from neotropical streams. *Ecol.*,73(2): 438-448

Fowler H.W., 1942. Lista de las especies de peces de Colombia. *Rev Acad Colombiana Cien*, 5 (17): 128-138.

Galindo-Leal, C (2002). *Diseño y Análisis de Proyectos para el Manejo y Monitoreo de la Diversidad Biológica*. Centro para la Biología de la Conservación, Universidad de Stanford

Gaston, K. 1996. species-rangle-size distributions:Patterns, mechanisms and implications. *Trends Ecol. Evol.* 11(5): 197-200

García, FL. *et al.* 2003. Inventario RAP de la ictiofauna del Río Aurra y sus tributarios en San Jerónimo, Antioquia. *Actual Biol* 25 (78): 51-57.

Géry, J. 1977. preliminary description of seven new species and two new genera of Characoid Fishes from the Upper Rio Meta in Colombia. *Trop Fish, Hoby* 12 (5): 25-32, 41-48.

Halffter G.; Moreno C. E.; Pineda E. O 2000. manual para evaluacion de la biodiversidad en reservas de la biosfera. M&T-Manuales y tesis SEA, vol 2. Zaragoza, 79 pp.

Jiménez, J. L; Román-Valencia, C; Cardona, M 1998. Distribución y constancia de las comunidades de peces del río San Pablo, Cuenca del río la Paila, Alto Cauca, Colombia. *Actual. Biol.* 20:(68). 21-27

Krebs, C.J. 1985. Ecología: Estudio de distribución y abundancia. Segunda edición. Edit. Harla. México pp.753.

Lasso, C.A. *et al*, 1995. Aspectos de una comunidad de Bagres (Pisces: Siluroidei) en los llanos Inundables de Venezuela. Acta Biol. Venez., Vol 16(1): 1-31.

Lasso, C.A *et al*, 2002. Diversidad y estructura de la comunidad de peces de un río de la Guayana Venezolana: Observaciones y censos subacuáticos como metodología alternativa. Memorias de la Fundación La Salle de Ciencias Naturales. Vol 154 pp 99-115.

López J Y C. Román – Valencia. 1996. Sobre la biología del corroncho *Chaetostoma fischeri* (Steindachner, 1879) (Pisces: Loricariidae) en el río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. Boletín Ecotropica: Ecosistemas tropicales Nº 30.

Lowe- MacConnell,R. 1975. Fish Communities in tropical freshwaters. Longamn. Inc. New Cork. 337 pp.

Machado-Allison ,1993. Los peces de los llanos de Venezuela, un ensayo sobre su historia natural. Universidad Central de Venezuela Caracas. Segunda edición.

Machado-Allinson, A. y HL. Moreno.1993. Estudios sobre la comunidad de peces del río Orituco, estado Guaricó, Venezuela. Parte 1. Inventario, abundancia relativa y diversidad. Acta. Biol. Venez. 14(4): 77-94.

Machado T. y Roldán G. 1981. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del Río Anori y sus principales afluentes. *Actualidades biológicas* 10(35): (3-17).

Machado-Allinson A. 1987. Los peces de los Llanos de Venezuela, un ensayo sobre su historia natural. Universidad Central de Venezuela Caracas. Pp 105.

Margalef R. 2002 Teoría de los sistemas ecológicos Alfaomega grupo editor S.A. México D. F. 290 p.

Margalef, R. 1986. Ecología. Editorial Omega.S.A. Barcelona.951 pp

Mago, F. 1978a. Los peces de agua dulce de Venezuela.Cromotip. Ministerio de agricultura y cría. Cuadernos lagoven. Venezuela. 35pp.

Matthews, J.W *et al.* 1992. Similarities in fish distribution and water quality patterns in streams of Arkansas: congruence of multivariate analyses. *Copeia* (2):296-305.

Miles, C. 1971. Los Peces del Río Magdalena. Edt. U.T. Ibagué, Colombia. pp. 214.

Miles C. 1973. Estudio Económico y Ecológico de los Peces de Agua Dulce del Valle del Cauca. *Cespedesia*. 2 (5): 9-73.

McNaughton, S.J. 1968. Structure and function in California grassland. *Ecology*,49:962-72.

Mojica, JI. 1999. Lista preliminar de las especies de peces dulceacuicolas de Colombia.*Rev Acad Colomb Cienc* 23:547-566.

Moreno, E. 2001. Método para medir la diversidad. M&T-Manuales y tesis SEA, vol 1. Zaragoza, 84 pp.

Naglés, P. M, y Vargas, L. P., 2003. Diagnostico de la Quebrada Cristales con macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos en Armenia-La Tebaida, Quindío. Trabajo de grado, universidad del Quindío, Colombia.

Nebiolo, E. 1987. Composición y estructura de la ictiofauna del río Chama, Mérida Venezuela. Bol.Soc. Venez. Cienc. Nat. Tomo XLI (144):167-184.

Odum. 1971. Ecología fundamental. Ed Interamericana. 3ra edición. Mexico DF 639 pp.

Pavanelli, C.S. *et al.* 1997. Composition of the ictiofauna or two small tributaries of the Paraná river. Porto Rico. Paraná State. Brazil. Ichthyol Explor Freshwaters 8(1): 23-31.

Perdomo, A. 2003 . Ecología trófica y reproductiva de *Argopleura magdalenensis* (Pisces: Characidae) en la cuenca alta de los ríos Cauca y Magdalena. Trabajo de grado, universidad del Quindío, Colombia.

Román-Valencia, C. 1988. Clave taxonómica para la determinación de peces nativos del departamento del Quindío, subsistema Alto Río Cauca, Colombia. Actual. Biol. 17(64): 107-113.

Román – Valencia C. 1993. Composición y estructura de las comunidades de peces de la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. Biol. Educ. 3(5): 8-19.

Román – Valencia C. 1996a. Lista anotada de los peces de la cuenca del río la vieja, alto Cauca, Colombia. Boletín Ecotrópica (29): 11-20.

Román – Valencia C. 1996b. Clave taxonómica para la determinación de peces en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca. Inédito.

Román – Valencia C; P. Lehmann; E. Rubio. 1999. Distribución y constancia de los peces del río San Miguel y el zanjón Bagazal en el Alto río Cauca, Colombia. 1999. Actual.Biol. 21(71): 163-172.

Román-Valencia C., Botero B y Ruiz C.R. 2003. Trophic and reproductive ecology of *Roebooides dayi* (Teleostei: Characidae) from upper Rio Cauca, Colombia. Boll. Mus. Reg. Sci. Nat. Torino, 20(2):487-496.

Román-Valencia C. y Perdomo A. 2004 . Ecología trófica y reproductiva de *Argopleura magdalenensis* (Pisces: Characidae) en la cuenca alta de los ríos Cauca y Magdalena, Colombia .Rev. Mus. Arg. Cienc. Nat. 6 (1).

Román-Valencia C. y R. Ruiz R.,sometido. Ecology of characid fish *Astyanax aurocaudatus* (Teleostei: Characidae) from Alto Cauca, Colombia. Dalia. Rev. Col. Ictiología 8.

Roldan, G. 1980. Estudio limnológico de cuatro ecosistemas Neotropicales diferentes con especial referencia a la fauna de Ephemeropteros. Medellín: Universidad de Antioquia, Colombia. Actualidades Biológicas, volumen 9 N°34. pág. 103 – 117.

Roldan, G; Correa, M; Machado, T; Ramírez, J. J; Velásquez, L.F; Zuluaga, F. 1984. Estudio limnológico de la Represa de El Peñol. Medellín: Universidad de Antioquia, Colombia. Actualidades Biológicas, volumen 13 N°50.. pág. 94 – 105.

Sabino, J. E y Macedo, R. 1990. alimentação, periodo de actividade e distribuição espacial dos peixes de um riacho da floresta atlantica (Sudeste do Brazil). Rev. Brasil. Biol., 50 (1): 23-36.

Samudio, H. 2004. Aspectos taxonómicos y ecológicos de *Lasiancistrus caucanus* (Pisces: Loricariidae) en la cuenca del río La Vieja, Alto Cauca, Colombia. Trabajo de grado, universidad del Quindío, Colombia.

Uieda, V. 1984. Ocorrência e distribuição dos peixes em um riacho de água doce. Revista Brasil Biol. 44(2)203-213.

Vargas, I.C. 1997. Inventario preliminar de los macroinvertebrados bentónicos en el Río Quindío y la Quebrada Cristales. C.R.Q., Armenia. 1997. pág. 34.

Villareal H; M. Alvarez, S Cordoba, F. Escobar, G. Fagua, F. Gast, H. et al/ 2004. Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humbolt. Bogota, Colombia. 2004. pp 236.

Viña, V. G; Ramírez, G.A. 1998. Limnología Colombiana, aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. 1° edición. B.P. Exploration Company (Colombia) Ltd.

V. Porite J. A, Machado-allison y C. A. Lasso. 1999. La ictiofauna del delta del río Orinoco, Venezuela : una aproximación a su diversidad. Acta Biol. Venez., Vol 19(3):25-46.

Warren, CH. E. 1971. Biology and the water pollution control. W.B. Saunders Co., Philadelphia, 434 pp.

Wetzel, G. R. y Likens, G. E. 2000. Limnological analyses. Third edition. Spriger-Verlag, New York. 429pp.

Wilson, E. 1989. La Biodiversidad Amenazada. Invest. y Ciencia (158): 64-71.

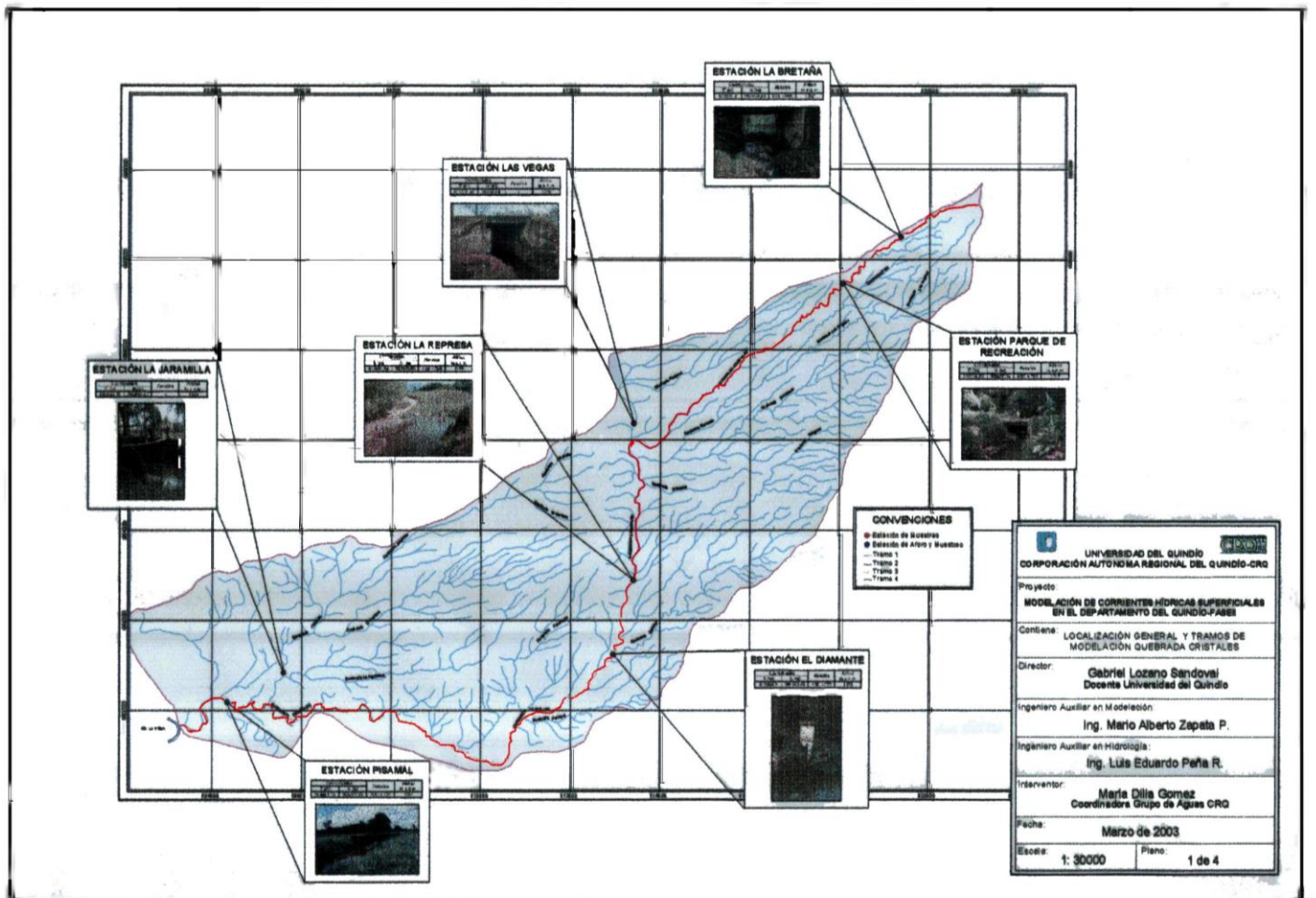
Whittaker, R. 1975. Communities and ecosystems(2d. Edition). MacMillan publ. Co. New Cork. 385 pp.

Wootton, JR. 1992. Fish ecology. Chapman & Hall. Nueva York, pp 59-111.

Zuwaylif. Estadística general aplicada. Fondo Educativo Interamericana S.A., México 1997.

ANEXO 1

Mapa de la Quebrada Cristales donde se ubican las cinco estaciones de muestreo, planteados por el CEIFI de la universidad del Quindío.



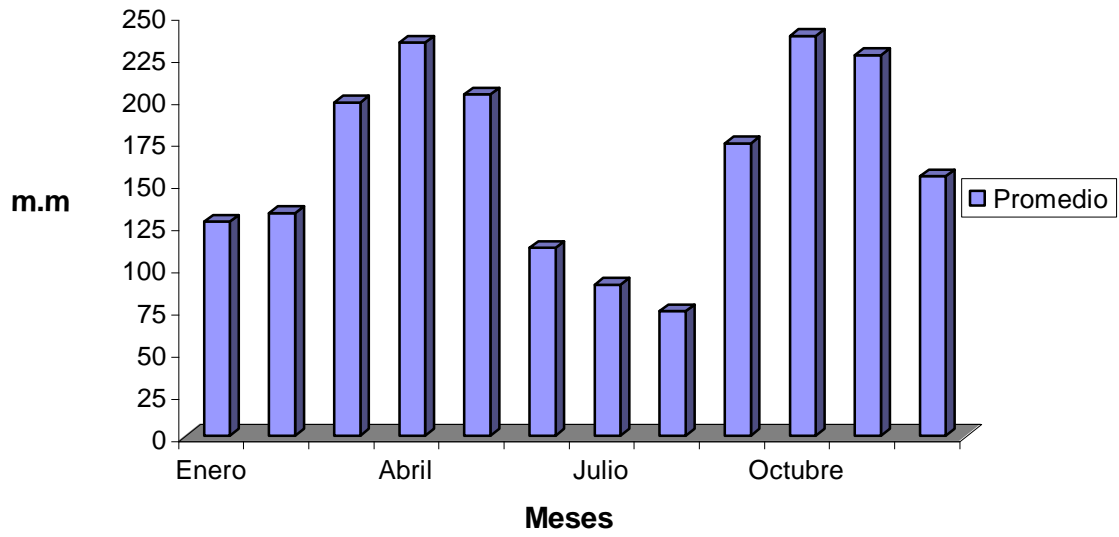
ANEXO 2

Localización geográfica y descripción de las cinco estaciones de muestreo de la quebrada Cristales, utilizadas por el CEIFI.

ESTACIONES	Altura m.s.n.m	Coordenadas Geográficas		CARACTERISTICAS Topográficas y morfológicas
		Latitud N	Longitud O	
La Bretaña	1330	4° 30' 41"	75° 42' 32"	Presenta afluencia de aguas residuales provenientes de los barrios del sur de Armenia, las riberas presentan quema y tala en la vegetación. Se observan residuos sólidos en la corriente lo que origina un olor fuerte y desagradable. Presenta una topografía pendiente moderada. El sustrato se conforma de lodo, piedras, material flotante (llantas, tapas, etc).
Parque Recreacional	1280	4° 30' 08"	75° 43' 13"	Presenta la afluencia de aguas residuales de las fincas aledañas, además de la extracción de materiales del río está afectando el lecho; La vegetación es abundante en su mayoría <i>Guadua angustifolia</i> . Presenta una topografía pendiente moderada. El sustrato es conformado de arena, lodo, piedras y hojas.
La Represa	1150	4° 26' 33"	75° 45' 45"	La vegetación es abundante en su mayoría <i>Guadua angustifolia</i> . Esta estación habitualmente es visitada por personas para la recreación y lavado de carros. Cuenta con una pendiente moderada. El sustrato esta conformado por arena, lodo y piedras.
El Diamante	1130	4°25'39"	75°46'00"	Presenta características de una cuenca poco intervenida (evidencia la autodepuración), presenta condiciones de hábitat adecuadas para algunas especies de peces ya que presenta abundante vegetación en las riberas Su topografía presenta una pendiente suave. Sustrato con arena, lodo y piedras.
Pisamal	1030	4° 25'07"	75° 50' 34"	Presenta la afluencia de otras quebradas (La jaramilla y pequeños drenajes), en las riberas presenta pasto disponible para el ganado y además cultivos de plátano. Son frecuentes las fumigaciones aéreas debido a la extensión de dichos cultivos. Presenta una topografía pendiente plana. Sustrato con arena, lodo y piedras.

ANEXO 3

Precipitación promedio (mm) entre los años 1979-2003; estación La Argentina (LaTebaida-Qundío).



ANEXO 4

VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS EN LA QUEBRADA CRISTALES, AFLUENTE DEL RÍO LA VIEJA, ALTO CAUCA, COLOMBIA.

Variable	Parte alta	Parte media	Parte baja
Temperatura del agua (°C)	20 (19.5-21.5)	21.5 (21-22.5)	24.5 (22.3-25.5)
Oxígeno disuelto (mg/L O₂)	3.2 (2.2-4.1)	7.5 (7.8-8.6)	5.5 5.25-6.2
Potencial de hidrógeno (pH)	4.8 (4.5-5.3)	6.4 (6.1-6.9)	7.3 (7.1-7.7)
Demanda Bioquímica de oxígeno (mg/L O₂)	48.5	7.5	8.5
Demanda química de oxígeno (mg/L O₂)	70	19	26
Sólidos Totales (mg/L)	230	133	167
Sólidos Disueltos (mg/L)	213	85	136
Sólidos suspendidos (mg/L)	17	48	31

ANEXO 5

Abundancia relativa y lista de las especies colectadas en la quebrada Cristales en los periodos de sequía y lluvia.

Especies	Sequía	Lluvia	Total
<i>Brycon henni</i>	1044	1156	2200
<i>Argopleura magdalenensis</i>	161	309	470
<i>Rhamdia sp1</i>	34	53	87
<i>Creagrutus brevipinnis</i>	71	138	209
<i>Sturisoma leightoni</i>	41	93	134
<i>Chaetostoma fischeri</i>	61	103	164
<i>Poecilia caucana</i>	690	436	1126
<i>Roeboides dayi</i>	61	154	215
<i>Rhamdia quelen</i>	48	49	97
<i>Astyanax fasciatus</i>	105	168	273
<i>Lasiancistrus caucanus</i>	71	93	164
<i>Apteronathus rostratus</i>	55	86	141
<i>Imparfinis nemecheir</i>	53	68	121
<i>Characidium caucanun</i>	59	92	151
<i>Xiphophorus hellerii</i>	0	14	14
<i>Bryconamericus caucanus</i>	4	3	7
Total de los individuos	2558	3015	5573

ANEXO 8

Índices de Diversidad de Shannon – Wiener, Riqueza de Margalef, Predominio Ecológico de Simpson y serie de Hill de la Quebrada Cristales, durante Julio de 2004 y Enero de 2005, para cada una de las estaciones muestreadas.

Estaciones	Índice de Diversidad de Shannon – Wiener	Índice de Riqueza de Margalef	Índice de Predominio Ecológico Simpson	Serie de Hill N₂
Estación 1	0	0	1	0
Estación 2	0.992	0.668	0.358	1.56
Estación 3	0.902	0.239	0.441	1.79
Estación 4	0	0	1	0
Estación 5	0.81	0.361	0.4	1.67
Estación 6	1.03	0.482	0.464	1.87
Estación 7	1.7	0.982	0.627	2.69
Estación 8	2.33	1.387	0.772	4.39
Estación 9	2.2	1.32	0.668	3.01
Estación 10	3.15	1.914	0.834	6.02
Estación 11	2.9	2.0	0.808	5.02
Estación 12	2.9	1.82	0.794	4.86
Estación 13	2.9	2.1	0.752	4.03
Estación 14	3.0	2.2	0.781	4.57