

**RELACIONES DE LAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS CON LA DIVERSIDAD
DE MACROINVERTEBRADOS EN SISTEMAS ACUÁTICOS LÓTICOS DEL
ALTIPLANO NARIÑENSE**

**ARIEL EMIRO GÓMEZ CERÓN
JIMMY GERMÁN HIDALGO ESTRELLA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERECTORIA DE INVESTIGACIONES POSGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES VIPRI
ESPECIALIZACIÓN EN ECOLOGÍA CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL
PASTO, COLOMBIA
2007**

**RELACIONES DE LAS VARIABLES FÍSICOQUÍMICAS CON LA DIVERSIDAD
DE MACROINVERTEBRADOS EN SISTEMAS ACUÁTICOS LÓTICOS DEL
ALTIPLANO NARIÑENSE**

**ARIEL EMIRO GÓMEZ CERÓN
JIMMY GERMÁN HIDALGO ESTRELLA**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
Especialista en Ecología con Énfasis en Gestión Ambiental**

**Esp. LUCILA RIASCOS FORERO
PRESIDENTE**

**Dra. MARTHA SOFIA GONZALES
CO- PRESIDENTE**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
VICERECTORIA DE INVESTIGACIONES POSGRADOS Y RELACIONES
INTERNACIONALES VIPRI
ESPECIALIZACIÓN EN ECOLOGÍA CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL
PASTO, COLOMBIA
2007**

RESUMEN

Se han estudiado las relaciones entre macroinvertebrados y las variables temperatura, pH, nitratos, fosfatos y amonio en seis quebradas del Altiplano Nariñense (Tebaida, Piacum, Ingenio, Vueltas, Cuacé y Capote) se encontraron ochenta y dos taxas con una resolución de género. Se determinó que los géneros más abundantes fueron Baetis y Simulium, con una alta representatividad en el Río las Vueltas y mínima en las quebradas Capote y Cuacé. Mediante la exploración de correspondencias, conglomerados y componentes principales se estableció la relación entre parámetros físico-químicos y macroinvertebrados en los cuerpos de agua evaluados. Respecto a estas variables el análisis de conglomerados permitió observar una gran diferencia de la quebrada piacum respecto a los demás cuerpos de agua y una alta similitud entre Tebaida y Vueltas. El análisis de componentes principales determinó que es la temperatura la variable que más agrupa los organismos, aunque también esta asociada a otras variables según el género; el que menos asocia la agrupación es el fosfato. Aunque resulta difícil deslindar el régimen natural de las regiones antrópicas, los resultados obtenidos advierten sobre el cuidado en la interpretación de la información, debido a que actualmente se sobreestiman otro tipo de procedimientos que conlleve a determinar el estado ecológico mediante el diseño de modelos que puedan relacionar los parámetros físico-químicos con los macroinvertebrados a escala espacio temporal.

Palabras clave: Macroinvertebrados, calidad de agua, altiplano nariñense,

ABSTRACT

Macroinvertebrate communities, physical chemistry variables (phosphates, pH, nitrates, temperature and ammonium) and environmental degradation were examined in six small woodland ponds of "Altiplano Nariñense" (Tebaida, Piacum, Ingenio, Vueltas, Cuacé and Capote) using canonical correspondence analysis (CCA). According to CCA it was found the strongest relationships between macroinvertebrate communities and water chemistry variables and environmental degradation. Eighty two taxa macroinvertebrate Baetis and Simulium, were found in a relative abundance in Las Vueltas river, few significant one was in Capote and Cuacé ponds.

Temperature and water chemistry are important factors affecting the distribution, diversity and abundance of aquatic organisms; they possess a durability that make resistant to most natural variation in habitat conditions.

Even though it is difficult to insolate the natural regimen of the atrophic areas, the results warn about the accountability of the information; since nowadays, there are too many sources and techniques involved in the process.

Key Words: macroinvertebrates, water quality.

NOTA DE ACEPTACION

PRESIDENTE:

Esp. Lucila Riascos Forero
CO-Presidente:

Dra. Martha Sofía Gonzáles
Jurado:

Msc. Jhon Jairo Calderón
Jurado:

Esp. Guillermo Castillo

San Juan de Pasto, Noviembre de 2007

“Las ideas y conclusiones aportadas en el trabajo de grado, son responsabilidad exclusiva de los autores”

Artículo 1° Acuerdo No. 324 de octubre 11 de 1966, emanado del Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

DEDICATORIA

Siempre a Dios,

Luego el soporte de mi vida, mi Madre.

Mi Padre, Mis Hermanos, Sobrinas y Sobrino.

Ariel Emiro Gómez.

A quien cambio toda mi vida, y me ha llenado de la Paz que sobrepasa todo entendimiento.

.....Mi Padre Celestial.

A quien un día le negué el orgullo de los logros conseguidos Mi Padre.

Con especial cariño a Mi esposa, hijas y mi Madre y hermanos.

Jimmy G. Hidalgo Estrella.

10. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se pudo desarrollar gracias a las investigaciones realizadas en cuerpos de agua del Altiplano Nariñense por Leonardo Bravo Sadoc, Francisco Erazo, Milena Quintero, Cristina Cabrera, Carmen Rojas, Luz Ángela Muñoz y Nivia Obando.

A la Universidad de Nariño.

Al Especialista Guillermo Castillo.

Al Msc. Jhon Jairo Calderón.

A la especialista Lucila Riascos Forero

A la Dra. Martha Sofía González

A Yuleidy Burgos Narváez.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
Introducción	12
1. Planteamiento del problema	14
2. Objetivos	15
2.1 Objetivos general	15
2.1 Objetivos específicos	15
3. Justificación	16
4. Marco teórico	17
4.1 Antecedentes	17
4.2 Marco teórico	20
4.2.1 Los Macroinvertebrados como Indicadores de la calidad del Agua	20
4.2.2 Parámetros físico químicos para medir la calidad del agua	22
4.2.2.1 Parámetros físicos	23
4.2.2.2 Parámetros químicos	24
5. Materiales y métodos	26
5.1 Selección de estudios previos.	26
5.2 Localización de las fuentes de agua analizadas	26
5.3 Análisis y depuración de la información previa	27
5.4 Análisis de la información	27
5.4.1 Análisis de conglomerados	28

5.4.2	Análisis de ordenación	29
5.4.2.1	Análisis de componentes principales (PCA)	29
5.4.2.2	Análisis de correspondencias (CA)	29
6.	Resultados	30
6.1	Composición taxonómica	30
7.	Discusión	41
7. 1	Composición taxonómica	41
8.	Conclusiones	48
9.	Recomendaciones	50
10.	Agradecimientos	51
11.	Bibliografía	52
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Relación de los índices I.B.G.N. y B.M.W.P. con el significado de calidad de aguas	21
Tabla 2. Análisis de conglomerados, a través del análisis de agrupamientos por ligamiento promedio UPGMA entre las quebradas evaluadas.	32
Tabla 3. Análisis de conglomerados, a través del análisis de agrupamientos por ligamiento promedio UPGMA entre los macroinvertebrados.	33
Tabla 4. Abundancia y presencia de géneros por quebradas.	35
Tabla 5. Valores eigen provenientes del análisis de correspondencias de las quebradas frente a los valores de abundancia	36
Tabla 6. Valores eigen de los tres primeros componentes principales relacionando parámetros físico-químicos y géneros de macroinvertebrados.	36
Tabla 7. Valores eigen variables físico-químicas respecto a los cuerpos de agua analizados.	39

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Abundancia de individuos en las cuencas evaluadas en el Altiplano Nariñense	30
Figura 2. Abundancia porcentual de géneros por quebrada evaluada	31
Figura 3. Abundancia de géneros en las quebradas del Altiplano Nariñense	31
Figura 4. Análisis de conglomerados quebradas Vs. parámetros físico-químicos	32
Figura 5. Análisis de conglomerados quebradas Vs. macroinvertebrados	33
Figura 6. Proyección de los géneros de macroinvertebrados en el espacio de las variables como resultado del análisis de componentes principales.	38
Figura 7. Gráfico de correspondencias de los cuerpos de agua respecto a los parámetros físico-químicos.	40

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Géneros de macroinvertebrados encontrados en algunos de los cuerpos lóticos del Altiplano Nariñense. Presencia (1) o ausencia (0).	64

INTRODUCCION

La contaminación del agua en las fuentes ha causado desequilibrios en los ecosistemas acuáticos, ocasionando daños a veces irreparables en estos ambientes. El daño más importante, está relacionado con la pérdida de la biodiversidad, la cual se considera como indicador de la calidad del agua ya que refleja las condiciones que allí prevalecen.

Los graves efectos ocasionados por la contaminación, han llevado a la necesidad de emprender estudios sobre las comunidades acuáticas, estos se iniciaron en la década de los 80 y se prodigaron en los 90. Estos trabajos pioneros, se enfocaron hacia la protección de diferentes áreas geográficas y se centraron en aspectos descriptivos como la de dinámica espacio temporal, y más frecuentemente en las relaciones fauna - calidad físico química del agua.

Desde los estudios iniciales relacionados con la determinación de la calidad del agua, se pudo establecer que es necesario tener en cuenta dos componentes fundamentales: (1) la diversidad biológica, especialmente de macroinvertebrados y peces; y (2) los componentes abióticos, entre los cuales se destacan los regimenes hidromorfológicos y los fisicoquímicos. Según Gasith y Resh¹, parece ser que los elementos biológicos son los componentes principales del sistema, considerando a los hidromorfológicos y a los físicos químicos como de apoyo.

Hoy en día se ha establecido que los parámetros físico químicos no son los únicos elementos que permiten determinar la calidad del agua. Esta situación, ha llevado a que actualmente se esté prestando mayor atención a los bioindicadores. Estos organismos, en buena medida deberían considerarse como propuesta abierta, debido que todavía existe una limitada información taxonómica y ecológica sobre la macrofauna fluvial. A pesar de que se han realizado investigaciones en varios ríos y quebradas, la falta de información taxonómica ha traído como principal consecuencia que haya un conocimiento fragmentario de los procesos estructuradores de las comunidades lénticas y lólicas y los mecanismos que las alteran en situaciones de estrés, esta escasa información taxonómica ha propiciado el hecho de que no se relacionen los macroinvertebrados a nivel de especie con la calidad del agua.

En el Departamento de Nariño las principales corrientes del altiplano se han comenzado a evaluar en los últimos años, mejorando el conocimiento taxonómico, cronológico y autoecológico. De esta manera, se ha contribuido a

¹ GASITH, A. Y V. RESH. Streams in mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. 1999. Ann. Rev. Ecol. Syst., 30: 51 – 81..

la evaluación del estado de estos cuerpos de agua. Se destacan las investigaciones realizadas en cuerpos de aguas lóaticas del Altiplano Nariñense (quebrada Tebaida, las Vueltas, Piacum y Capote, ríos Ingenio y Cuacé, río Pasto).

A pesar del esfuerzo realizado en los trabajos antes mencionados para el departamento de Nariño, se debe destacar, que ellos se han basado en una metodología muy específica y condicionada por el marco climático, geológico e histórico de cada región, existen problemas con la clasificación de macroinvertebrados hasta especie y el desconocimiento de la verdadera relación entre estos y la calidad del agua.

Considerando la necesidad de profundizar en la evaluación de la calidad de agua en el departamento de Nariño, se tomaron como base para este trabajo los estudios previos de algunas quebradas importantes que abastecen acueductos del Altiplano Nariñense. En estos estudios, se realizaron análisis de macroinvertebrados y de variables físico químicas de manera independiente, sin embargo no se analizó la existencia de relaciones entre ellos. Este tipo de relaciones podría ser un indicativo de calidad de agua de esta región.

Con base en la información disponible de las quebradas La Tebaida, las Vueltas, Piacum, Capote y los ríos Ingenio y Cuacé, se analizó la abundancia y las relaciones de la riqueza de géneros con algunas variables ambientales haciendo uso de técnicas multivariadas.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Debido a que el proceso de contaminación del agua puede considerarse un tensor no continuo que varía en el espacio y el tiempo, los resultados utilizados de los análisis físico químicos, podrían tener involucrados altos márgenes de error en el estudio de la calidad del agua. Para poder minimizar esto es necesario realizar muestreos continuos en épocas diferentes, que conllevarían a incrementar los costos de evaluación, dificultando el proceso, por esta razón se viene implementando otros métodos como el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos, de alta eficacia y baja inversión que ofrezcan conjuntamente un resultado real de la calidad del agua.

Lo anterior ha sido considerado como un gran aporte y actualmente se está aplicando a nivel mundial, existiendo muchos aspectos, que sin duda estarán muy condicionados por la identificación de estos hasta el nivel de especie, el marco climático, geológico, e histórico de cada región en particular, tal cual como sucede con el Altiplano Nariñense. Entonces este conocimiento previo de considerar a estos organismos como bioindicadores debería permitir un ajuste a peculiaridades faunísticas (especie) y ecológicas de cada región, para obtener resultados que no sean variables al momento de interpretar los resultados obtenidos.

Para tener una visión más holística del estado real de las condiciones de los cuerpos de agua del Altiplano Nariñense es necesario conocer la calidad de agua en función de las correlaciones anteriores, lo cual se puede facilitar con la utilización de herramientas tales como los análisis multivariados.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer las relaciones entre las variables fisicoquímicas con la diversidad de macroinvertebrados en algunos sistemas acuáticos lóticos del altiplano nariñense.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer como influyen las variables físico-químicas en la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos en las quebradas del Altiplano Nariñense tomando como base la información previa de estudios realizados en la zona, a través de un análisis de componentes principales.
- Comparar los cuerpos de agua evaluados en investigaciones previas en cuanto a la abundancia de macroinvertebrados acuáticos como una base para evaluar la calidad del agua, mediante un análisis de correspondencias.
- Establecer las similitudes o diferencias existentes entre los cuerpos de agua analizados en cuanto a los parámetros físico-químicos y presencia de macroinvertebrados haciendo uso de análisis de conglomerados.

3. JUSTIFICACION

La determinación de la calidad del agua se ha realizado de manera tradicional, mediante análisis físico químicos y bacteriológicos. Hoy en día, en la mayoría de los países se ha venido implementando sistemas de evaluación con base en la investigación de los macroinvertebrados. Se ha demostrado que el uso de estos organismos es básico para establecer los niveles de contaminación de las fuentes acuáticas, permitiendo planear estrategias para la recuperación de las mismas.

Este método biológico es considerado una expresión numérica basada en la presencia y diversidad de taxa, proporciona datos no solo del estado actual, sino también, del pasado y permite detallar además la biodiversidad y la densidad de la población. Cabe aclarar, que se ha demostrado que las características generales de las comunidades de macroinvertebrados y su composición taxonómica cambian con la escala del tiempo y el espacio.

Lo que se ha venido pretendiendo con todos los estudios llevados a cabo en el departamento de Nariño en aguas lénticas y lólicas y en otros lugares, es identificar y caracterizar el estado actual de estos ecosistemas, mediante los análisis biológicos y físico químicos, quedando con la satisfacción de haber conocido la realidad en que se encuentran cada uno de ellos.

Pese a lo anterior las investigaciones conjuntas de los análisis biológicos y físico químicos de las quebradas del Altiplano Nariñense seleccionadas para este estudio, no reflejan el estado real de calidad de las aguas, debido a que las peculiaridades faunísticas (especie) y ecológicas son muy diferentes. Según Lampert y Sommer², para definir el buen estado ecológico se debe realizar una buena clasificación de las masas de agua y definir unas condiciones de referencia para cada tipo ecológico, realizando además la clasificación taxonómica hasta el nivel de género y preferiblemente especie.

Los estudios previos realizados hasta el momento en algunas quebradas del Altiplano Nariñense, que se constituyen en la base de este estudio han sido muy independientes y se realizaron de manera simultanea, sin existir una relación global que permita complementar el comportamiento entre algunas variables fisicoquímicas y los macroinvertebrados entre si.

² LAMPERT, W Y U. SOMMER. Limnoecology. The ecology of lakes and streams. New York: Oxford University Press. 1997. p 65

4. MARCO TEORICO

4.1 ANTECEDENTES

Los estudios sobre comunidades fluviales de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua se iniciaron en la península ibérica en los 80 y se continuaron con mayor frecuencia a lo largo de la década de los 90 (Alba Tercedor et al, 2002³; Alba Tercedor y Pujante, 2000⁴). Según Alba Tercedor⁵ estos métodos llamados índices bióticos, se han aplicado en Bélgica (Índice biótico Belgico de Paw y Vanhooren, 1983), en Francia el BMWP; (Armitage et al; 1983) y en el Reino Unido el BMWP, (Alba Tercedor 1996 y 1998). Cualquiera de estos dos métodos tanto el de Armitage, como el de Alba Tercedor se han aplicado a nivel mundial con pequeñas variaciones, reforzando los resultados con las mediciones y análisis de los parámetros físico químicos.

La generalidad de estos trabajos, como corresponde a su carácter de pioneros en la prospección de las áreas geográficas estudiadas, se centra en aspectos descriptivos de dinámica espacio temporal y, con frecuencia, de las relaciones fauna calidad físico-química del agua. Algunos de los trabajos realizados a nivel mundial y en Colombia han alcanzado esenciales contribuciones al incremento del conocimiento taxonómico y autoecológico de grupos concretos de macroinvertebrados.

Aguiar et al⁶, dicen que casi paralelamente a que, surgió el interés por la vertiente aplicada de la macrofauna fluvial, como herramienta para la evaluación de la calidad biológica. Sin embargo, según Hildrew⁷ y Wright⁸ afirman que dado la escasa y fragmentaria información sobre la taxonomía y ecología de los macroinvertebrados, estas metodologías se consideran todavía abiertas y su mejora es un objetivo deseable para conseguir una base científica firme en su utilización para la evaluación de la calidad ecológica fluvial.

³ ALBA-TERCEDOR, et al. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (=BMWP'). *Limnética*. 2002 21: 175-185

⁴ ALBA-TERCEDOR, J. & A. PUJANTE. Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. In: *Assessing the Biological Quality of Freshwater: RIVPACS and similar techniques*. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M. Furse (eds.): 2000 .p. 207-216.

⁵ ALBA-TERCEDOR, J.. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA)*, Almería, España.1996 p: 203-213

⁶ AGUIAR, F. C., M.T. FERREIRA Y P. PINTO. Relative influence of enviromental variables on macroinvertebrate assemblages from an Iberian basin. *J. N. Am. Benthol.* 2002. p.21: 43 – 53.

⁷ HILDREW, A. G. Food webs and species interactions. In: *The river Handbook*. P. Calow y G. E. Pets (Eds): 309 – 330. Blackwell Scientific publications, Oxford. 1992. p. 309 – 330.

⁸ WRIGHT, J.F., D. MOSS, P.D. ARMITAGE. Y M.T. FURSE. Assesing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. *Freshwater: Biological Associations*. Ambleside, UK. 2000. p 1-24

Según Blijswijk ⁹, las dudas comenzaron a surgir entre los científicos de estos países, quienes argumentan que incluso en las zonas donde más se ha estudiado la fauna, el conocimiento actual sobre los procesos estructuradores de las comunidades lénticas y lólicas y de los mecanismos que la alteran en situaciones de stress es todavía dividido. Esta situación trajo como consecuencia que se diera inicio a los estudios de aproximaciones multivariantes en búsqueda de tolerancia ambiental de los macro invertebrados en los ríos del mediterráneo.

Según García et al¹⁰, en España se han realizado importantes trabajos para la determinación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos en grandes cuencas fluviales. Tal es el caso de los estudios realizados en la cuenca del Duero, en los ríos del país Vasco y en los ríos Catalanes. Se destaca por parte de estos autores, los estudios sobre el estado ecológico y regionalización realizados por la confederación hidrográfica del Ebro.

En Colombia solo a partir de la década de los 70, comienza a realizarse estudios limnológicos un poco más detallados en lagos, ciénagas, ríos y embalses. Ducharme¹¹ llevó a cabo un estudio limnológico muy completo sobre varios ríos, lagos y ciénagas de Colombia, y el mismo autor realizó una revisión bibliográfica del lago la Tota.

Bohórquez¹² contribuyó por bioindicación con macroinvertebrados bentónicos y análisis físico químicos en los afluentes Barandillas y Río Frío de la zona media del río Bogotá, para establecer la calidad de estos cuerpos de agua. En este trabajo determinó que estas quebradas se encuentran entre moderadamente contaminadas hasta altamente contaminadas. La estructura de la comunidad, el índice de diversidad y el déficit de especies, permiten concluir que las aguas de los ríos Barandillas y Frío contienen una contaminación orgánica entre moderada y muy alta, lo cual se corrobora por la presencia de familias como: Daphnidae, Shaeriidae, Physidae, Chironomidae y Tubificidae.

En el valle del Cauca Zúñiga et al¹³ realizaron un estudio de indicadores ambientales de calidad de agua, encontrando que en la parte alta de la cuenca en estudio se exhiben los mejores índices de calidad de agua. La zona de la cuenca

⁹ BLIJSWIJK, C. N Y COIMBRA C. N. T Op. Cit., p. 34.

¹⁰ GARCÍA, Roberto; MORA, Amanda y RODRÍGUEZ, Hugo. Evaluación de parámetros físico – químicos como indicadores del grado de eutrofización del Lago Guamués. Pasto,.. Trabajo de grado (Ingeniero Acuicola) : Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería. 2001. p 86.

¹¹ DUCHARME, A. Estudio fisicoquímico y biológico del Lago de la Tota.. Citado por Roldán Gabriel, Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.1975. p 302.

¹² BOHORQUEZ, Amparo. Estudio de la calidad de aguas en cuatro estaciones localizadas en los ríos Barandillas y Frío, afluentes y efluente. Municipio de Cumbal. Departamento de Nariño. Facultad de ciencias naturales y matemáticas.2003.. P 129.

¹³ ZUÑIGA DE CARDOSO, María del Carmen, ROJAS DE HERNANDEZ, Ángela Martha y CAICEDO, Guadalupe, Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. Ainsa Vol. 3 No. 2. 1993. p. 17-27.

media, presentó contaminación bacteriológica alta. La parte baja de la corriente, que es reservorio de aguas residuales domésticas e industriales de las ciudades que atraviesa, muestra el deterioro del ecosistema, donde la contaminación es elevada.

Con respecto a los macroinvertebrados colectados, en las cuencas de los ríos Cali y Meléndez, se encontró que poseían una amplia diversidad en la fauna bentónica, con predominio de los estados inmaduros de insectos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera principalmente. A medida que los ríos avanzan en su recorrido, se observan que las poblaciones de Ephemeroptera disminuyen drásticamente.

En el departamento de Nariño, se destaca inicialmente a Narváez¹⁴, quien realizó estudios batimétricos y algunas relaciones ecológicas del lago Guamuéz (La Cocha). Otros estudios particularmente importantes son los realizados por Córdoba, et al¹⁵. Estudios recientes en limnología, como el realizado por Bravo y Erazo¹⁶, determinaron el grado de calidad del agua en un sistema léntico y lótico en la laguna de la Bolsa a través de la evaluación de los parámetros físico químicos y bacteriológicos, así como algunas características biológicas. En el altiplano Nariñense se destacan los trabajos realizados por Cabrera y Rojas¹⁷, en la quebrada el Ingenio municipio de Sandoná; Quebrada Piacum, en Pupiales por Arciniegas; Muñoz y Obando¹⁸, en las quebradas la Tebaida y las Vueltas entre otras, los cuales determinaron la relación existente entre los análisis fisicoquímicos y de macroinvertebrados en relación con la calidad del agua.

4.2 MARCO TEORICO

4.2.1 Los Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Los macroinvertebrados¹⁹ son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos, como

¹⁴ NARVAÉZ, A; Estudio Batimétrico y algunas relaciones ecológicas del Lago Guamuéz (La Cocha). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. 1978. p 101.

¹⁵ CORDOBA, GUZMAN, A. y ROSALES, C. Estudio de la variación de la calidad del agua del río Ingenio municipio de Sandoná mediante parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos. Tesis Pregrado. Universidad de Nariño.. Pasto. 1995.p 120.

¹⁶ BRAVO, Leonardo y ERAZO F. Caracterización limnológica de la Laguna la Bolsa y de su principal afluente y efluente, municipio de Cumbal, DEPARTAMENTO DE NARIÑO. Tesis Pregrado. Universidad de Nariño. Pasto. 2005. p 154.

¹⁷ CABRERA, Cristina y ROJAS, Carmen. Estudio de la variación de la calidad del agua del río el Ingenio, Municipio de Sandoná, mediante parámetros fisicoquímicos, biológicos, bacteriológicos. Tesis de pregrado. Programa de Biología. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 2004. p. 73.

¹⁸ MUÑOZ A. y OBANDO N. Evaluación de calidad del agua de las quebradas la tebaida y las vueltas, fuentes abastecedoras del acueducto del municipio de Chachagüí – Departamento de Nariño. Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño. Pasto. 2005. p 135.

¹⁹ AMMAT, Francisco, Los macroinvertebrados. Disponible en Internet: RL:http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas/2.01.19.31_1r.html

indicadores de las condiciones ecológicas o de la calidad de las aguas, debido a que:

- Son razonablemente sedentarios, debido a su escasa capacidad de movimiento y están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas.
- Tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos, lo que permite estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo.
- Abarcan en su conjunto un amplio espectro ecológico.
- Tienen un tamaño aceptable frente a otros microorganismos

Las respuestas de las comunidades acuáticas a las perturbaciones ambientales y en particular, la presencia de macroinvertebrados, son útiles para evaluar el impacto de los distintos tipos de contaminación, residuos municipales, agrícolas, industriales e impactos de otros usos del suelo sobre los cursos de aguas superficiales.

Estos estudios suponen una herramienta adecuada para el establecimiento de caudales ecológicos. Con la realización de estos estudios, se llevan a cabo Índices Bióticos, basados en la ordenación y ponderación de las especies de macroinvertebrados presentes en las aguas según su tolerancia a la contaminación orgánica. Entre los índices existentes, destacamos el IBGN, índice biológico general normalizado, y el BMWP (biological monitoring working party), monitoreo de trabajo biológico consensuado.

La información suministrada por los diferentes tipos de índices debe considerarse conjuntamente para poder revelar con fidelidad el estado biológico de las aguas, conociendo qué especies están presentes tanto las tolerantes como las intolerantes a la contaminación, y cómo se estructuran dentro de la comunidad, si existe dominancia, etc.

Para la realización del índice es necesaria la toma de muestras de macroinvertebrados, invertebrados mayor de 500 micras, para ello, y en función del índice biológico a realizar, se debe establecer el protocolo de campo a seguir para un adecuado muestreo.

El I.B.G.N. permite la evaluación de la calidad general de un curso de agua mediante el análisis de la macrofauna béntica profunda, la cual está considerada como indicador de calidad da la misma. También permite la evaluación del efecto de una perturbación en el medio receptor cuando es aplicado comparativamente río arriba y debajo de un vertido o de alguna otra perturbación.

Los individuos son seleccionados y determinados hasta el nivel de familia, excepto donde la identificación es delicada. El índice es calculado mediante una tabla. Los valores van entre 0, muy mala calidad, hasta 20, muy buena calidad

El B.M.W.P. permite estimar la calidad del agua para el estudio de la fauna béntica, en función de la tolerancia frente a la polución orgánica. Los individuos son identificados hasta el nivel de familia. La escala de valores del B.M.W.P va desde 0 hasta más de 250.

Este índice es de cálculo fácil y permite obtener una expresión sintética de la calidad del agua. Tenemos que añadir que éste índice es menos representativo que el I.B.G.N. pues basta con la presencia de un único individuo de una especie para que sea tenida en cuenta. De este modo, los resultados podrían ser errados en el caso de que los macroinvertebrados sean desplazados río abajo. A continuación vemos reflejados los valores de ambos índices:

Tabla 1. Relación de los índices I.B.G.N. y B.M.W.P. con el significado de calidad de aguas.

PATOLOGÍAS VÍRICAS		
I.B.G.N.	B.M.W.P.	Significado
≥ 17	>150 101-120	*Aguas muy limpias. *Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible.
16-13	61-100	*Algunos efectos evidentes de contaminación.
12-9	36-60	*Aguas contaminadas.
8-5	16-35	*Aguas muy contaminadas.
≤ 4	<15	*Aguas fuertemente contaminadas.

Fuente:

Los macroinvertebrados son aquí considerados como expresiones sintéticas de la calidad general de los cursos de agua. Sin embargo, éstas técnicas no permiten separar de la calidad general del agua, la parte debida a las condiciones físicas naturales de un curso de agua y la parte debida a las perturbaciones. Esta incógnita se elimina una vez realizadas distintas campañas que permitan conocer datos históricos sobre la fauna acuática existente en el río.

4.2.2 Parámetros físico químicos para medir la calidad del agua. Los parámetros fisicoquímicos son las medidas establecidas por la ley para determinar el estado y calidad del agua ya sea para consumo humano, doméstico, riego u otras utilidades que esta no pueda brindar.

La calidad del agua de un ecosistema acuático natural puede ser muy diversa. Ciertos ecosistemas, a pesar de tener concentraciones elevadas de sales, durezas

y alcalinidades, y valores de pH muy ácidos o muy básicos, pueden tener comunidades estables adaptadas a vivir en dichos medios (Hynes²⁰). En estos casos, la calidad del agua depende fundamentalmente de aportes naturales dados por las lluvias y la naturaleza química del terreno. Para Hynes²¹, los efectos biológicos de la contaminación se miden a través del cambio que experimentan las comunidades a medida que reciben descargas de deshecho de diferente orden.

Así mismo, Hynes²² discute estos cambios a lo largo de una corriente, de acuerdo con este autor, una fuente de contaminación puede provocar una disminución de oxígeno disuelto y un aumento de amoníaco y fósforo en el agua. Bajo estas condiciones se desarrollan altas poblaciones de hongos, bacterias, tubificidos y protozoos. A medida que el medio comienza a recuperarse, aumenta el oxígeno, disminuyen los nitratos, el amoníaco y el fosfato y empiezan a aparecer poblaciones de algas verdes y una fauna diversa de macroinvertebrados. Roldán y Posada et al²³, encontraron en el río Medellín drásticos cambios en la estructura de las comunidades, pasando éstas de 14 géneros en el tramo del río relativamente limpio a 1 (Tubifex) en el tramo más contaminado, notándose como la estructura de la comunidad aumenta cuando el río comienza a recuperarse.

Lampert y Somer²⁴ mencionan que las características físico químicas del medio acuático suelen ejercer una importante influencia sobre la distribución de los macroinvertebrados fluviales. La sensibilidad general de éstos a variables como la temperatura, concentración de oxígeno, salinidad y materia orgánica, en parte, los ha convertidos en una valiosa herramienta para el biomonitoreo (Rosemberg y Resh (1993)²⁵).

Kay et al²⁶, mencionan que el régimen relativamente alto de perturbación, natural y/o antrópica, al que suelen estar sometidos los sistemas fluviales mediterráneos, frecuentemente se ha considerado como responsable del predominio de taxones altamente ubiquistas, y, por tanto, escasamente condicionadas, por las variables ambientales típicamente consideradas como importantes en estos sistemas.

²⁰ HYNES, H. B.N. The Biology of pulleted Waters. Liverpool University press. 1960 p 22.

²¹ Ibíd., 64

²² Ibíd., 64

²³ ROLDAN Gabriel; POSADA José y GUTIERREZ Juan. Estudios limnológicos de los recursos hídricos del parque de piedras blancas. Bogotá. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales: Guadalupe, 2001. P. 152.

²⁴ LAMPERT, W Y U. SOMMER, Op. cit., p. 162.

²⁵ ROSEMBERG G, D.M Y V.H. RESH. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Newyork: Chapman y Hall. 1993. p 151.

²⁶ KAY, W.R., S.A. HALSE, M.D. SCANLON Y M.J. SMITH. 2001. Distribution and enviromental tolerances of aquatic macroinvertebrate familias in the agricultural zone of southwestern Australia. J.N. Am. Benthol. 2001. Soc., 20: 182 – 199.

Aguiar et al²⁷, mencionan que la temporalidad puede conllevar a la irregularidad en la distribución espacio temporal de los macroinvertebrados, conllevando a acrecentar el ruido en la búsqueda de relaciones taxones-variables ambientales.

4.2.2.1 Parámetros físicos. Según Roldan²⁸ los siguientes son los parámetros físicos que más se tienen en cuenta en la distribución de los macroinvertebrados.

Temperatura: Se incrementa por descargas calientes y por la reacción bioquímica durante la degradación de la materia orgánica. Es muy importante en la vida acuática, un cambio repentino puede dar como resultado un alto porcentaje de mortalidad.

Color: En las aguas residuales es un indicativo de la edad de las mismas. En las aguas residuales el color se atribuye a los taninos y ácidos húmicos provenientes de la lignina. Generalmente se hace diferencia entre el color aparente que es causado por materia suspendida y el color verdadero que es causado por sustancias vegetales de tipo coloidal.

Olor: Los olores se producen durante el proceso de descomposición de la materia orgánica y están asociados con la presencia del sulfuro de Hidrógeno.

Sólidos en suspensión La concentración de sólidos en suspensión a lo largo del curso fluvial de una cuenca, puede evidenciar varios factores de alteración de las condiciones naturales de la misma. Por un lado, los procesos de erosión naturales, se ven incrementados notablemente por diferentes causas de origen humano que provocan la falta de protección de los suelos, lo que ocasiona grandes arrastres de materiales por escorrentía superficial en los fenómenos de fuerte precipitaciones.

El diagnóstico de la situación actual y futura perspectiva del control de la contaminación y contaminación acuática, uno de los aspectos de mayor importancia para las entidades encargadas de la preservación de las cuencas hidrográficas, es la interpretación de los datos de los análisis físico químicos y bacteriológicos particularmente referido al número más probable de coliformes fecales y totales (Molano, L.²⁹).

4.2.2.2 Parámetros químicos. Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto en el agua de los ríos va a depender principalmente de la altitud, la temperatura y los procesos de producción primaria y descomposición de la materia

²⁷ AGUIAR, F. C., M.T. FERREIRA Y P. PINTO. Op. cit. p 150.

²⁸ ROLDAN Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. 1992. 529 .

²⁹ MOLANO, L. Limnología colombiana. Lagos, lagunas, represas, ríos y quebradas de Colombia (1954). Citado por Roldan Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 1992. p 302.

orgánica. Para Molla³⁰ en general, la menor presión de oxígeno existente a grandes alturas, se compensa con temperaturas medias más bajas y viceversa, por lo que los factores no son adecuados para diferenciar grupos o tipos de estaciones en función de la concentración de oxígeno disuelto.

pH. Según la OCDE³¹ en el agua es una medida de la actividad de los iones de hidrogeno. Las variaciones provienen de los procesos naturales pero también son ocasionadas por la interacción de los procesos antrópicos.

El pH como indicador de agua da una noción de la acidez y alcalinidad de las aguas naturales o intervenidas. La mayoría de ecosistemas acuáticos naturales tiene un pH que oscila entre 5.0 y 9.0, siendo estos valores óptimos para especies hidrobiológicas. Los límites admisibles para el pH en aguas potables son 6.5 a 9.0 unidades según el decreto 475/98 del ministerio de salud.

Fosfatos. De acuerdo con la OCDE³² la mayor parte del fósforo presente en aguas naturales y aguas de desecho está en forma de fosfatos, que a su vez se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro, meta y otros polifosfatos) y como organofosforados (R-PO₄). Ciertos fosfatos condensados llegan al agua cuando se emplean productos comerciales para el lavado de ropas, labores de limpieza y tratamiento de aguas de calderas.

También los fertilizantes utilizados en la agricultura contribuyen a incrementar los fosfatos en la fuente de agua. El fosfato es esencial para el crecimiento de organismos y puede ser el nutriente que limita la productividad en una masa de agua.

Nitratos nitritos y amonio. De acuerdo a Roldán³³ en los arroyos de las altas montañas andinas, los valores de nitrógeno en sus tres formas son muy bajos debido a que las aguas corren por lechos pobres en nutrientes y son regiones no intervenidas por el hombre. Sin embargo, a medida que llega a las partes bajas andinas, el valor de los nutrientes se incrementa considerablemente por el arrastre de sedimentos que se da con las lluvias en los suelos erosionados, así como por la descarga de contaminantes domésticos e industriales y de las actividades agrícolas. Para los nitratos el valor admisible de acuerdo al decreto 475/98 es de 10mg/l. Un contenido de nitrato mayor de 10 mg/l puede ocasionar metahemoglobinemia que impide la oxigenación de la sangre en los niños lactantes.

³⁰ MOLLA, S. dinámica de la materia orgánica y metabolismo de un arroyo temporal del sur de España (arroyo de la Montesina, Córdoba). Tesis doctoral. Universidad autónoma de Madrid. 1994. p 189.

³¹ OCDE. Eutrofication of waters: monitoring, assessment and control. OCDE. Paris. 1982 p 218.

³² OCDE. Eutrofication of waters: monitoring, assessment and control. Op cit. 315.

³³ ROLDAN Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Op. Cit. p. 450.

El valor admisible para los nitritos es de 0.1 mg/L según el decreto 475/98 del ministerio de Salud. El nitrógeno en forma de nitritos tiene una toxicidad mayor que afecta al hombre y es por estos efectos adversos que su contenido debe ser vigilado en el agua de consumo. El amonio del agua se presenta principalmente en forma de NH_4 y como NH_4OH no disociado, siendo este último altamente tóxico para los organismos, en especial para los peces, según los planteamientos de Wetzel³⁴. Las proporciones entre NH_4 y NH_4OH dependen de las dinámicas de disociación regidas por el pH y la temperatura. La distribución de amonio en aguas dulces es altamente variable, tanto regionalmente como estacionalmente dependiendo del nivel de productividad y de la cantidad de polución debida a la materia orgánica.

³⁴ WETZEL, Robert G. Limnología. Edit Omega. Barcelona 1981. p. 679.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo de este trabajo de investigación estuvo constituido por las siguientes fases:

5.1 SELECCIÓN DE ESTUDIOS PREVIOS.

Los estudios previos de los cuerpos de agua seleccionados (quebrada Tebaida, las Vueltas, Piacum y Capote y los ríos Ingenio y Cuacé) para esta investigación, corresponden a sistemas fluviales que provienen de zonas altas y medias, los cuales surten de agua a los acueductos de algunos municipios ribereños por lo tanto se esperaba que los valores de los parámetros encontrados estén dentro de los aceptados por la legislación ambiental vigente, estos cuerpos por estar en el Altiplano Nariñense presentan algunas características morfológicas y ecológicas muy similares, los mismos fueron evaluados en un período de tiempo similar (2004 a 2005).

5.2 LOCALIZACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA ANALIZADAS

La quebrada Tebaida y las Vueltas están ubicadas en el municipio de Chachagüí a una altitud que varía de los 1000 a 3000 m.s.n.m. y tiene como sus principales afluentes a las quebradas Patanguanoy y la Alcaldía, cubiertas con vegetación nativa y una temperatura ambiental media entre 12 a 18° C y lluvias que oscilan entre los 1000 a 2000 mm anual.

El Río Ingenio, forma parte de la microcuenca el Ingenio se ubica en el Municipio de Sandoná y se constituye en la más grande e importante para el municipio (Cabrera y Rojas³⁵), esta microcuenca está ubicada a una altitud de 1300 a 3000 m.s.n.m., tiene como cauce principal la Quebrada el Ingenio, a la cual le confluyen 14 afluentes.

La quebrada Piacum se localiza en la parte central del municipio de Pupiales y nace en el páramo Paja Blanca (Quintero)³⁶. Se encuentra en el piso térmico muy frío y entre las zonas de vida de Bosque húmedo montano, bosque muy húmedo montano y páramo subandino. La microcuenca se encuentra a una altitud media de 3230 m.s.n.m.

El Río Cuacé es un afluente de la laguna La Bolsa ubicada en el municipio de Cumbal. Este sector se caracteriza porque las actividades agrícolas, ganaderas y piscícolas han conducido a tasas substanciales de deforestación lo que ha

³⁵ CABRERA, Cristina y ROJAS, Carmen. Op. cit. 118

³⁶ QUINTERO M. Op. cit. p. 135

influido en la disminución del caudal del río que dependiendo de la época climatológica puede variar de 100 a 180 litros/segundo (Donato)³⁷.

La quebrada Capote, es el principal afluente de la laguna La Bolsa en dirección norte del municipio de Cumbal. Tiene un caudal que varía aproximadamente entre los 80 a 120 lps dependiendo de la época climática. Sin embargo su mínimo declive hace que sus aguas en temporada seca se mantengan casi sin corriente. Actualmente presenta una degradación debido a la quema del páramo y cultivo de truchas (Bravo y Erazo)³⁸

5.3 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PREVIA

El nivel taxonómico de familia no fue tratado, debido a que el empleo de este grupo taxonómico ha sido muy discutido y no da garantía de los resultados obtenidos en cuanto a determinar la veracidad del hábitat de los macroinvertebrados. Cranston³⁹, Marchant et al⁴⁰ y Unzziker⁴¹ mencionan que si se utilizan niveles de identificación más bajos se gana en precisión, aunque muchos autores usan la familia como nivel taxonómico para determinar la calidad biológica (Armitage et al⁴², Alba Tercedor⁴³; Corkum⁴⁴; Hewle⁴⁵).

5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para obtener una aproximación real de las variables fisicoquímicas que tienen mayor incidencia en los hábitats ecológicos acuáticos de los macroinvertebrados del Altiplano Nariñense, se extrajo de cada estudio los datos requeridos (temperatura, pH, oxígeno disuelto, contenido de amonio, fosfatos, nitratos y macroinvertebrados). Estos parámetros fueron seleccionados porque no solo

³⁷ DONATO, John. Fitoplancton de los lagos Andinos del norte de Sudamérica: Composición y factores de distribución (2001). Citado por BRAVO, Leonardo y ERAZO F. Caracterización limnológica de la Laguna la Bolsa y de su principal afluente y efluente, municipio de Cumbal, Departamento de Nariño. Tesis Pregrado. Universidad de Nariño. Pasto. 2003. p 154.

³⁸ BRAVO, Leonardo y ERAZO F. Op. cit., p 49

³⁹ CRANSTON, P.S. Biomonitoring and invertebrate taxonomy. Environmental Monitoring and assessment, 1990. 14: 265 -273.

⁴⁰ MARCHANT, R., A. HIRST, R. NORRIS Y L. METZELING. Classification of macroinvertebrate communities across drainage basins in Victoria, Australia: consequences of sampling on a broad spatial scale for predictive modelling. 1999. Freshwater. Biol., 41: 253 – 268.

⁴¹ UNZZIKER, L. M. Evaluation of the simple size used for the rapid bioassessment of rivers using macroinvertebrates. Hydrobiology. 2001, 444, p. 159.

⁴² ARMITAGE, P. D., R. J. GUNN, M.T. FURSE, J.F. WRIGHT Y D. MOSS. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. Hydrobiologia, 1987. 144: 25 – 32..

⁴³ ALBA-TERCEDOR, J.1996 Op. cit., p 165

⁴⁴ CORKUM, L.D. Patterns of benthic invertebrate assemblages in rivers of northwestern North America. Freshwat. Biol., 1989.21: 191- 205.

⁴⁵ HEWLE, R. Implications of taxonomic resolution and sample habitat for stream classification at broad geographic scale. 2000. Benthol Soc. 19: 352 - 361

determinan de manera general el estado de calidad del agua sino que también presentan una alta relación entre ellos y de estos con los macroinvertebrados.

Cada estudio de referencia se extrajo la información correspondiente al número total de individuos por género, con el propósito de determinar la diversidad, abundancia y presencia o ausencia en los diferentes cuerpos de agua.

Es de aclarar que la información extraída de cada una de las investigaciones fue realizada en periodos diferentes y algunos cuerpos de agua estuvieron condicionados por las temporalidades de los ríos.

Con el fin de relacionar recíprocamente la diversidad de macroinvertebrados y las variables físico-químicas, se aplicaron técnicas multivariadas de agrupamientos y ordenación, haciendo uso del programa NTSYS versión 2.11 (Rohlf 2000)⁴⁶. Los datos de variables físico químicas extraídos de los trabajos previos, se estandarizaron por medio de transformación lineal, para tal fin, se obtuvo el promedio y la desviación estándar de los datos de cada una de las variables y posteriormente, a cada dato de manera individual se le restó la media aritmética y se lo dividió entre la desviación estándar obtenida previamente. Para los datos de abundancia de macroinvertebrados se hizo una transformación de las abundancias absolutas dividiéndolas entre la sumatoria de las mismas. Los datos de presencia y ausencia de macroinvertebrados no fueron estandarizados debido a que tenían valores cualitativos (0 y 1).

Los análisis realizados fueron:

5.4.1 Análisis de conglomerados. A través del Análisis de Agrupamientos por Ligamiento Promedio UPGMA, con el fin de observar similitudes y diferencias entre los cuerpos de agua de acuerdo a los parámetros físico-químicos. El análisis se llevó a cabo usando datos cuantitativos de pH, Oxígeno, temperatura, amonio y fosfatos. El coeficiente de distancia entre las quebradas (OTUS unidades taxonómicas operacionales) utilizado en este caso fue el de distancia taxonómica promedio. La robustez del fenograma obtenido con este método se probó calculando el valor de coeficiente r de Pearson, mediante la comparación entre la matriz del árbol y la matriz cofenética. Este coeficiente tiene valores de 0 a 1. El valor más cercano a 1 indica una buena resolución del fenograma.

Así mismo, se llevó a cabo un análisis de conglomerados a través del método de UPGMA de manera similar al caso anterior, con el fin de observar la similitud entre las quebradas en cuanto a la composición de invertebrados. Para este caso se consideraron valores cualitativos de presencia de la especie valorada como 1 y ausencia valorada como 0. El índice de similitud utilizado para esta prueba fue el

⁴⁶ Rohlf, F. J. NTSYS-PC Versión 2.11: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Exeter Publishing Ltd. New York. . 2000. P.65.

de Jaccard, a través del cual se consideran las similitudes entre los OTUS con base en la presencia de especies y no en la ausencia de las mismas.

5.4.2 Análisis de ordenación: se llevaron a cabo dos tipos de análisis:

5.4.2.1 Análisis de componentes principales (PCA): se llevó a cabo con el fin de observar las relaciones entre los macroinvertebrados y las variables físico-químicas, tomando como base todas las quebradas simultáneamente. La similitud para este análisis se realizó a través del índice de correlación. Se obtuvieron los valores eigen de los tres primeros componentes, así como el porcentaje de variación explicada. Finalmente, se realizó un gráfico de proyección relacionando la matriz estandarizada con la matriz de eigenvectores con el fin de visualizar la distribución espacial de las diferentes especies (OTUS) analizadas a lo largo de los tres componentes principales en orden de varianza decreciente.

5.4.2.2. Análisis de correspondencias (CA): se realizó con el fin de establecer las similitudes entre las diferentes quebradas con base en la abundancia de los géneros. Se obtuvo el porcentaje de variación explicada y los valores eigen. Finalmente se realizó una gráfica en dos dimensiones con el fin de observar la cercanía espacial de los diferentes géneros y de las quebradas de manera simultánea.

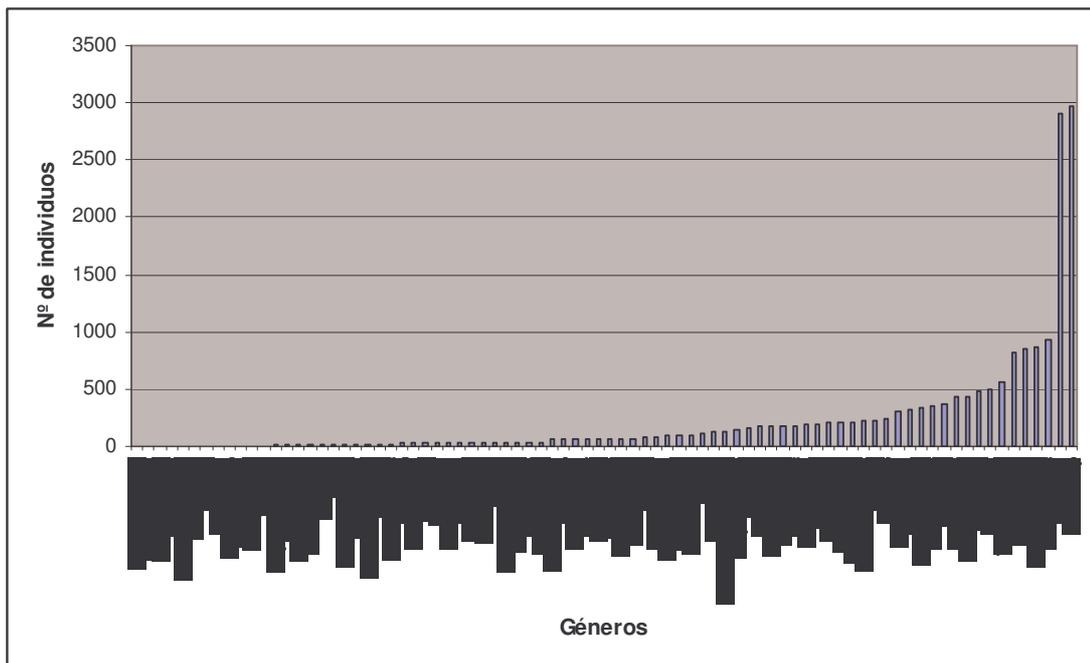
6. RESULTADOS

6.1 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA.

En los cuerpos de agua evaluados, se encontró un total de 82 taxones de macroinvertebrados, identificados en su totalidad hasta el nivel de género (anexo 1).

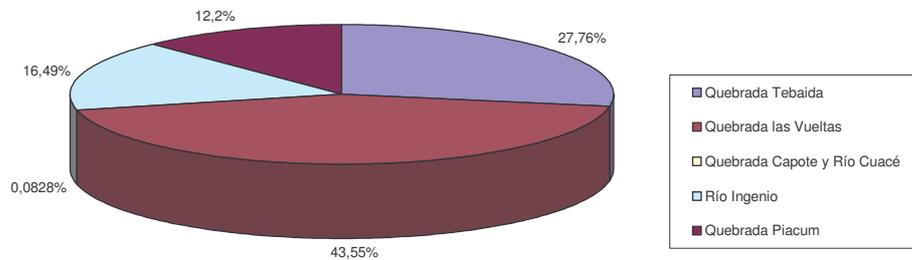
En cuanto a abundancia, se destacan los valores mayores para los géneros *Baetis* con 2907 y *Simulium* con 2967 individuos, mientras que los menos abundantes fueron los grupos de *Platycentropus*, *Odontomya* y *Macronychus* con tan solo 1 individuo (figura 1). La mayor representatividad se obtuvo en el río Las Vueltas y la menor en las quebradas Capote y Cuacé (figura 2).

Figura 1. Abundancia de individuos en las cuencas evaluadas en el Altiplano Nariñense.



Fuente: Bravo, L. y Erazo F.; Cabrera C. Y Rojas C.; Córdoba C., Guzmán L y Rosales G.

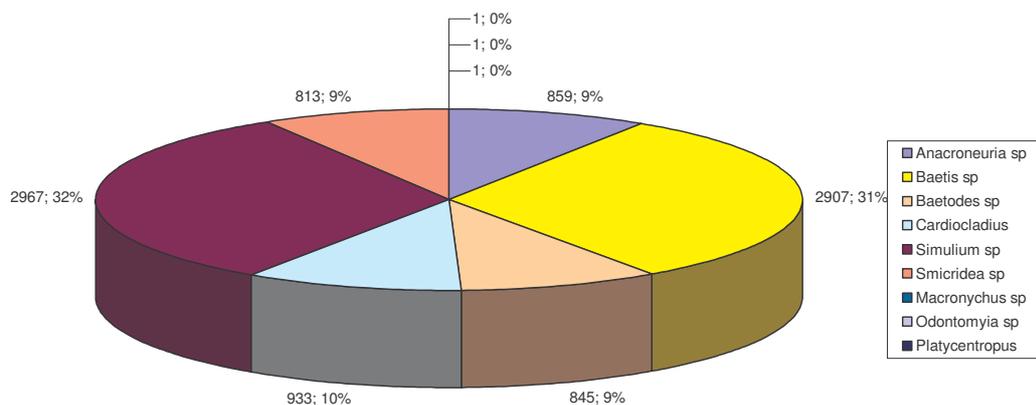
Figura 2. Abundancia porcentual de géneros por cada quebrada evaluada



Fuente: Esta investigación.

Las especies más frecuentemente encontradas corresponden a los géneros *Anacroneuria*, *Baetodes*, *Baetis*, *Cylloepus*, *Hyaella* y *Simulium*. (figura 3). Mientras que de la gran mayoría de taxones registrados en este trabajo, solo se encontró un individuo en cada una de los cuerpos de agua. Muchos de los taxones están ausentes en ciertas quebradas, otros se comparten en hasta en 4 cuerpos de agua (*Atanatolica* y *Cyllopepus* entre otros) y tan un solo se comparte en todos (*Anacroneura*) (Anexo 1).

Figura 3. Abundancia nominal y porcentual de géneros en las quebradas del Altiplano Nariñense.

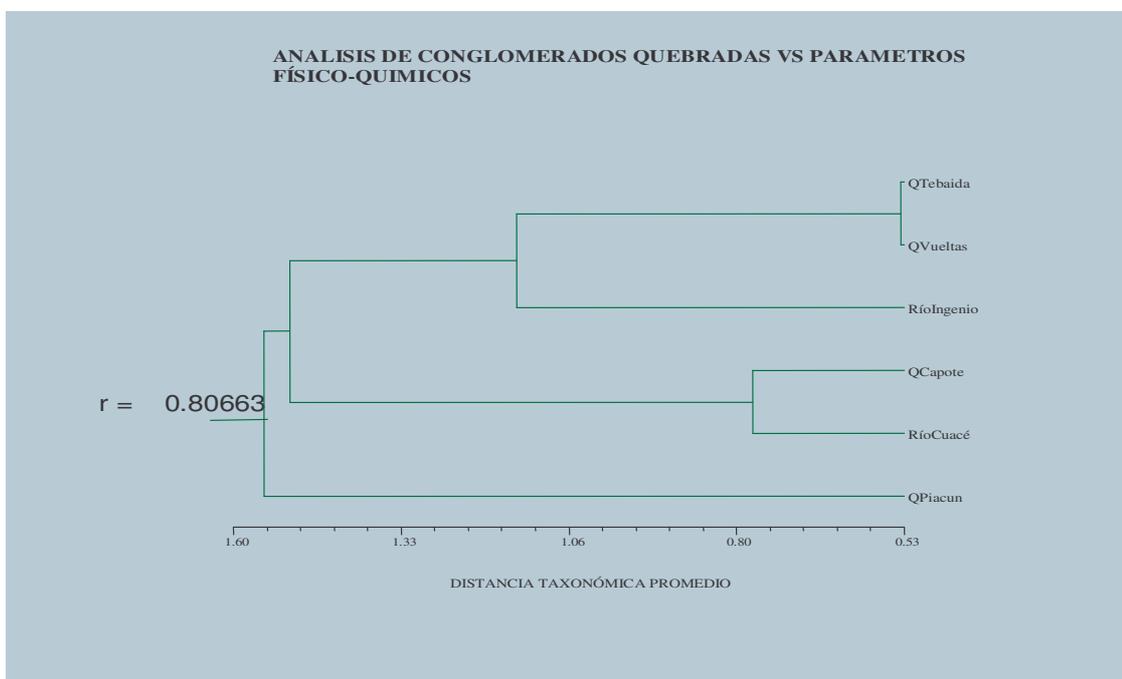


Fuente: Esta investigación.

Respecto a los parámetros físico químicos, el análisis de conglomerados realizado mediante el método de UPGMA (figura 4), permite observar una gran diferencia de la Quebrada Piacum respecto al resto de cuerpos de agua analizados. Este análisis permite identificar la asociación de los cuerpos de agua restantes en dos

grupos perfectamente diferenciados. El primero de ellos conformado por las quebradas La Tebaida y Las Vueltas que son altamente similares en cuanto a los parámetros analizados y el Río Ingenio que difiere un poco más de las dos anteriores. El segundo formado por la Quebrada Capote y el Río Cuáce, que se unen a una distancia mayor. El coeficiente de correlación de Pearson obtenido para este análisis fue de $r=0.80663$ lo cual indica una buena resolución del fenograma. Los valores de distancia entre los diferentes cuerpos de agua respecto a los parámetros físico químicos se presentan en la tabla 2.

Figura 4. Análisis de conglomerados quebradas Vs parámetros físico-químicos



Fuente. Esta investigación

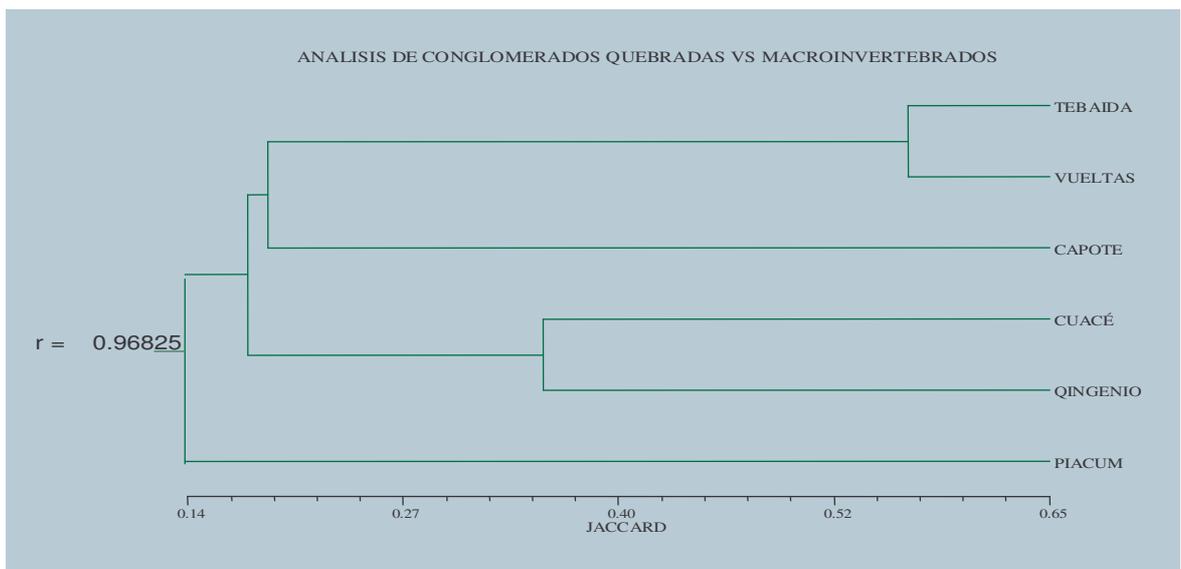
Tabla 2. Análisis de conglomerados, a través del análisis de agrupamientos por ligamiento promedio UPGMA entre las quebradas evaluadas.

	Q. Tebaida	Q.Vueltas	Q.Capote	RíoCuacé	Ingenio	QPiacun
QTebaida	0.0000					
QVueltas	0.5346	0.0000				
QCapote	1.4488	1.6292	0.0000			
RíoCuacé	1.1019	1.1687	0.7715	0.0000		
RíoIngenio	1.1658	1.1318	2.0886	1.6226	0.0000	
QPiacun	1.2772	1.6087	1.5419	1.5707	1.7569	0.0000

Fuente. Esta investigación.

En cuanto a la presencia de macroinvertebrados, el análisis de conglomerados realizado mediante el método de UPGMA (figura 5), confirma que al igual que en el caso de los parámetros físico-químicos, la Quebrada Piacum presenta una gran diferencia respecto al resto de cuerpos de agua analizados. De la misma forma a través de este análisis, es posible reconocer la asociación de las quebradas en dos grupos. Nuevamente en este análisis se observa la afinidad mayor de las Quebradas las cuales forman un solo sistema hídrico. La Tebaida y Las Vueltas. Excepto por la situación anterior, los grupos obtenidos haciendo el análisis de la presencia de macroinvertebrados son diferentes a los obtenidos con los análisis físico-químicos. En el primer grupo se ve una mayor similitud de la Quebrada Capote con las Quebradas Las Vueltas y La Tebaida. Mientras que en el segundo grupo se asocian El Río Cuáce y el Río Ingenio, aunque su similitud es baja (Figura 5). El análisis de conglomerados mostró un buen coeficiente de correlación entre los grupos analizados ($r=0.9682$). En la tabla 2 se observan los valores de similitud entre los cuerpos de agua analizados teniendo en cuenta la presencia y ausencia de macroinvertebrados.

Figura 5. Análisis de conglomerados quebradas Vs macroinvertabrados.



Fuente: esta investigación

Tabla 3. Análisis de conglomerados, a través del análisis de agrupamientos por ligamiento promedio UPGMA entre los macroinvertebrados.

	Tebaida	Vueltas	Capote	Cuacé	Ingenio	Piacum
Tebaida	1.0000					
Vueltas	0.5660	1.0000				
Capote	0.2000	0.1455	1.0000			
Cuacé	0.2051	0.1698	0.3500	1.0000		
Ingenio	0.1915	0.1833	0.2000	0.1290	1.0000	
Piacum	0.1837	0.1774	0.1176	0.0882	0.1220	1.0000

Fuente: Esta investigación.

La similitud reflejada en el análisis de correspondencia, está determinada por las siguientes condiciones: (1) el compartir macroinvertebrados; (2) la mayor abundancia de macroinvertebrados (2); (3) la menor abundancia de macroinvertebrados; y (5) la ausencia de macroinvertebrados (Tabla 4). El análisis de correspondencia explica hasta el 77.11% de la variación hasta el tercer factor. El factor 1 separa a La Tebaida. Los valores positivos del primero factor (C1) indican la posición de las quebradas Tebaida, Vueltas y Río ingenio hacia el lado derecho respecto al eje X y los valores negativos indican la posición de las quebradas Cuacé, Piacum y Capote hacia el lado izquierdo. Respecto al segundo factor (C2), se muestra una separación de los OTUS (cuerpos de agua) del lado izquierdo de la siguiente forma: Los valores negativos del indican la separación de las quebradas Capote y Piacum hacia abajo y de la Quebrada Capote hacia arriba, con base en la abundancia (tabla 5).

Tabla 4. Abundancia y presencia de géneros por Quebradas.

Valores en número de individuos	Quebradas					
	Tebaida	Vueltas	Capote	Cuacé	Ingenio	Piacum
400 o más			<i>Cardiocladius</i> 671 <i>Simulium</i> sp 482		<i>Smicridea</i> sp 566 <i>Baetodes</i> sp 528	<i>Baetis</i> sp 2569 <i>Prionocyphon</i> 430 <i>Simulium</i> sp 2062
300 a 400	<i>Anacroneuria</i> sp 365	<i>Thraulodes</i> sp 384 <i>Anacroneuria</i> sp 377				
200 a 300	<i>Anchytarsus</i> sp 223 <i>Baetodes</i> sp 210	<i>Anchytarsus</i> sp 218 <i>Simulium</i> sp 265		<i>Cardiocladius</i> 262 <i>Disersus</i> sp 271 <i>Hyalella</i> sp 249 <i>Oecetis</i> sp 261		<i>Camelobaetidius</i> 221 <i>Dugesia</i> sp 205 <i>Nectopsyche</i> sp 212 <i>Tipula</i> 2 228
100 a 200	<i>Baetis</i> sp 191 <i>Hyalella</i> sp 101 <i>Leptonema</i> sp 164 <i>Psephenops</i> sp 120 <i>Smicridea</i> sp 148 <i>Thraulodes</i> sp 175	<i>Atopsyche</i> sp 183 <i>Baetis</i> sp 122 <i>Cylloepus</i> sp 167 <i>Dugesia</i> sp 125 <i>Heterelmis</i> sp 124 <i>Leptohyphes</i> sp 197 <i>Oecetis</i> sp 106 <i>Phylloicus</i> sp 183	<i>Chironomini</i> 123 <i>Marilia</i> sp 184 <i>Orthocladius</i> 129	<i>Atanatolica</i> sp 161	<i>Dugesia</i> sp 143 <i>Leptonema</i> sp 168 <i>Orthocladidae</i> 103	<i>Atopsiche</i> 148 <i>Farrodes</i> 167 <i>Hyalella</i> sp 116 <i>Podonomus</i> 184 <i>Tipula</i> 1 116
Riqueza de géneros	34	49	14	13	23	24
Abundancia	2411 (13.3%)	3408 (18.8%)	1740 (9.6%)	1430 (7.9%)	2169 (11.9%)	6987 (38.5%)

Tabla 5. Valores eigen provenientes del análisis de correspondencias de las quebradas frente a los valores de abundancia

	C1	C2	C3
Tebaida	0.6416	0.2839	0.6056
Vueltas	0.4068	0.2692	1.0492
Capote	-0.9256	-0.2238	-0.5518
Cuacé	-1.2814	0.8496	-0.0111
Ingenio	1.1889	0.4545	-1.1265
Piacum	-0.0303	-1.6334	0.0346

Fuente: Esta investigación.

Respecto a las relaciones recíprocas existentes entre los macroinvertebrados y las características físico-químicas, el análisis de componentes principales (PCA) presentado en la figura 7, explica el 87.79% de la variación hasta los tres primeros componentes principales. Los macroinvertebrados se ordenan a lo largo de los ejes X y Y en orden decreciente de varianza de los diferentes parámetros analizados. En el primero componente (eje X), las variables más determinantes son temperatura, oxígeno y amonio. Estas variables separan hacia la derecha a los taxones que se distribuyen en los cuerpos de agua con alta temperatura y bajas cantidades de oxígeno y amonio, y a la izquierda a los taxones que se distribuyen en bajas temperaturas y altas cantidades de oxígeno y amonio. En el segundo componente (Eje Y) las variables más determinantes son la cantidad de nitratos y el pH. Estas variables separan hacia arriba a los taxones que habitan en condiciones de alta cantidad de nitratos y pH alto, y hacia abajo a los taxones que tienen bajas cantidades de nitratos y pH bajo. Los valores eigen que indican el peso de cada una de las variables en dos tres primeros componentes se presentan en la tabla número 6.

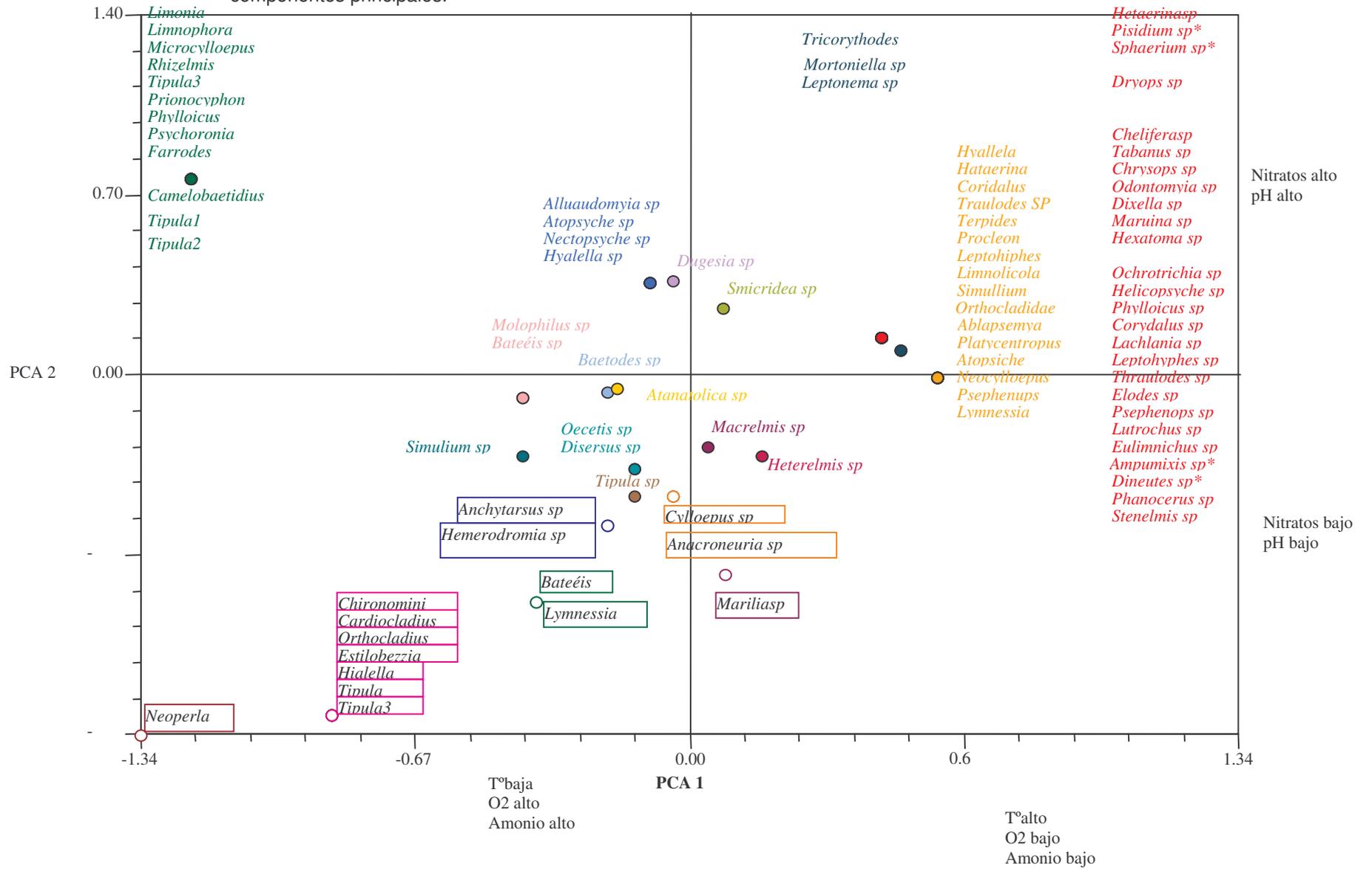
Tabla 6. Valores eigen de los tres primeros componentes principales relacionando parámetros físico-químicos y géneros de macroinvertebrados.

	C1	C2	C3
TEMPERATURA	0.9816	0.1808	0.0312
pH	0.5256	0.5921	
AMONIO	-0.8294	0.5457	
FOSFATOS	0.0896	-0.1339	
NITRATOS	-0.2223	0.9543	
OXIGENO	-0.7921	-0.2374	

Fuente: esta investigación

Los resultados del análisis de componentes principales relacionando los parámetros físico-químicos y los macroinvertebrados, permiten agrupar a los organismos de la siguiente forma (Figura 7): (1) los que se distribuyen en condiciones de temperatura baja, nitratos, pH, oxígeno y amonio altos (Cuadrante 1); (2) los que tienen valores altos de temperatura, nitratos y pH y oxígeno y amonio bajos (cuadrante 2); (3) los que tienen alto contenido de oxígeno y amonio y temperatura, nitratos y pH bajos (Cuadrante 3); y (4) los que tienen altas temperaturas y valores bajos para el resto de parámetros (Cuadrante 4).

Figura 6 Proyección de los géneros de macroinvertebrados en el espacio de las variables como resultado del análisis de componentes principales.



Respecto a la similitud de las quebradas frente a los parámetros físico-químicos, el análisis de componentes principales explica el 96.34% de la variación hasta el tercer componente. Las quebradas se ordenan a lo largo de los ejes X y Y en orden decreciente de varianza de los diferentes parámetros analizados. En el primero componente (eje X), las variables más determinantes son oxígeno pH y nitratos. Estas variables separan hacia la derecha a las quebradas Capote, Cuacé, Tebaida y las Vueltas que se distribuyen en los cuerpos de agua con mayor cantidad de oxígeno y pH alto, y a la izquierda a las quebradas Piacum e Ingenio que tienen baja cantidad de oxígeno y pH bajo. En el segundo componente (Eje Y) la variables más determinantes son la temperatura y los fosfatos. Estas variables separan hacia arriba a las quebradas que poseen alta temperatura y baja cantidad de fosfatos y hacia abajo a las quebradas que tienen baja temperatura y alta cantidad de fosfatos. Los valores eigen que indican el peso de cada una de las variables en los tres primeros componentes se presentan en la tabla 7.

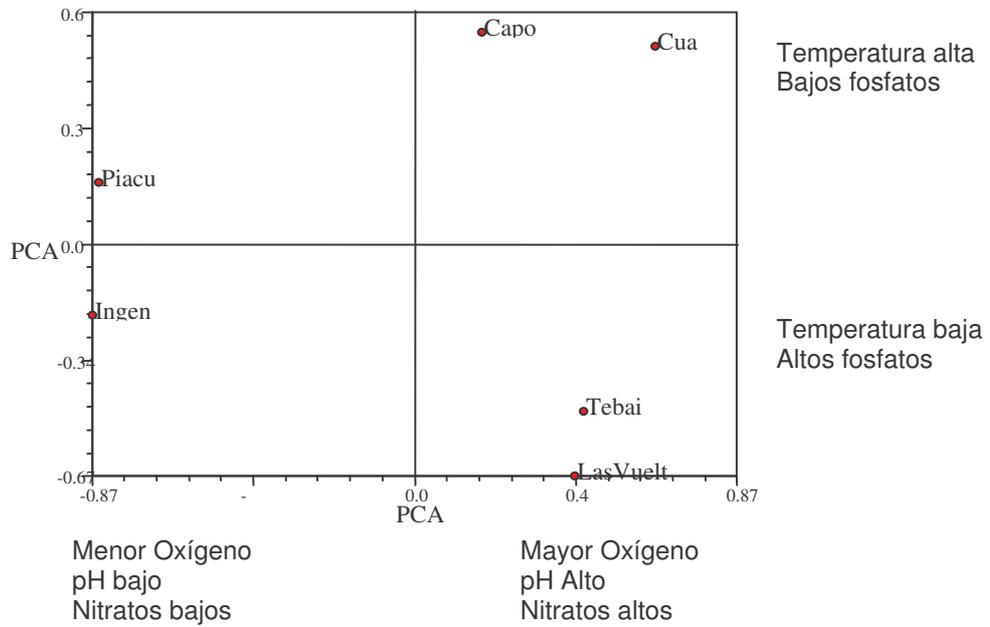
Tabla 7. Valores eigen variables físico-químicas respecto a los cuerpos de agua analizados.

	C1	C2	C3
Temperatura	0.5103	0.8179	0.2353
pH	0.8089	-0.4647	-0.0596
Amonio	-0.3401	-0.0530	-0.9382
Fosfatos	-0.4700	-0.7108	0.5231
Nitratos	0.7770	-0.5890	-0.1742
Oxigeno	0.9687	0.0661	-0.0101

Fuente: Esta investigación.

Los resultados obtenidos del análisis de PCA permiten diferenciar a los cuerpos de agua analizados de la siguiente forma: (1) Piacum que tiene oxígeno, pH y fosfatos bajos y temperatura alta (cuadrante 1); (2) Capote y Cuacé que tiene oxígeno, pH y temperaturas altos y fosfatos bajos (cuadrante 2); (3) oxígeno, pH y temperaturas bajas y fosfatos altos (cuadrante 3); y (4) Tebaida y Las Vueltas que tienen oxígeno, pH y fosfatos altos y temperatura baja (figura 8)

Figura 7. Gráfico de correspondencias de los cuerpos de agua respecto a los parámetros fisicoquímicos.



Fuente: Esta investigación.

7. DISCUSION

Esta investigación realizada en cuerpos de agua del Altiplano Nariñense tomo como referencia de macroinvertebrados a la escala taxonómica género, un nivel bajo que podría arrojar resultados más verídicos al interpretar las relaciones entre estos y los parámetros físicos químicos. Según Stubauer y Moog⁴⁷ el uso biológico basado a nivel de familia puede suponer una importante pérdida de información sobre el efecto ambiental de perturbación. A pesar de todo ello varios estudios muestran que utilizando niveles taxonómicos superiores, los patrones de distribución que indican las comunidades son muy similares a los mostrados, usando inclusive el nivel de especie (Furse et al⁴⁸; Ferrano y Cole⁴⁹; Rutt et al⁵⁰ y Nielsen⁵¹).

7.1 COMPOSICIÓN TAXONÓMICA

En cuanto a la abundancia esta investigación reporta como los géneros más frecuentes a Baetis, Phillogomphoides y Chironomus indicadores de aguas Mesoeutroficas como lo reporta Ortega⁵² en estudios realizados en la microcuenca Genoy -Guaico, la cual se encuentra en la zona del Altiplano Nariñense

Los géneros Simulium y Baetis, se presentaron en la mayoría de los cuerpos de agua evaluados mostrando que estas aguas tienen características oligosaprobias, es decir de buena calidad, teniendo en cuenta que estos taxones tienen una mediana distribución (tabla BMWP), que los hace propios de aguas libres de contaminación, esta afirmación es compartida por Matthias y Moreno⁵³ quienes realizaron investigaciones en el río Medellín.

⁴⁷ STUBAUER, I. Y O. MOOG. Taxonomic sufficiency versus need on information – comments based on the Austrian experiences in biological water quality monitoring. *Verh. Int. Verein. Limnol.* 2000. 27: 2562 – 2566.

⁴⁸ FURSE, M. T., D. MOSS, J. F. WRIGHT Y P.D ARMITAGE. The influence of seasonal and taxonomic factors on the ordination and classification of running- water sites in Great Britain and on the prediction of their macro - invertebrate communities. *Freshwat. 2000. Biol.*, 14: 257 – 280.

⁴⁹ FERRANO, S.P. Y F.A COLE. Taxonomic level sufficient for assessing a moderate impact on macrobenthic communities in Puget Sun, Washington, USA. *Can. J. Fish. Aquat. 1992. Sci.*, 49: 1184 1188.

⁵⁰ RUTT, G. P., T. PICKERING Y N. R. REYNOLDS. The impact of livestock farming on welsh streams: The Development and testing of a rapid biological method for use in the assessment and control of organic pollution from farms. *Envir. Pollut.*, 1993. 81: 217 – 228.

⁵¹ NIELSEN, D.L., R.J. SHIEL Y F.J. SMITH. Ecology versus taxonomy: is there a middle ground *Hydrobiologia*, 1998. 387/ 388: 451 – 457.

⁵² ORTEGA, G. V. evaluación de la calidad del agua brindando alternativas de protección y recuperación de zonas contaminadas en la microcuenca Genoy-Guaico. Corregimiento de Genoy. Municipio de San Juan de Pasto. Trabajo de grado. Universidad de Nariño. 2007. p. 48.

⁵³ MATTHIAS, U y H. MORENO. Estudio de algunos parámetros físico- químicos y biológicos del río Medellín y sus principales afluentes. 1.983. *Act. Biol.* 12 (46): 106-117.

La presencia del género Baetodes en las quebradas Tebaida e Ingenio, indica que en estas posiblemente existe una ligera contaminación, dado que este taxa es un indicador de aguas oligo a ligeramente mesosaprobias, mientras que Physa y Trhaulodes encontrados en la quebrada la Tebaida, demuestran que está siendo eutrofizada o contaminada de forma mas rápida que otras.

La alta variedad de géneros con baja o mediana abundancia encontrados en aguas del Altiplano Nariñense, se puede deber a la dinámica de estos ecosistemas, esta afirmación es compartida en un trabajo realizado por Jacobsen⁵⁴ (1.998) quien explica que en épocas de verano donde los caudales del río son menores el efecto de contaminación orgánica sería más acusado, lo que explicaría la reducción en dicha época de la abundancia de macroinvertebrados. Al presentarse lluvias ocurre una alteración de la estructura del hábitat de estos, lo que provoca la pérdida de aquellos taxones más sensibles (Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera), de aquellos que carecen de estructuras para fijarse al sustrato o de los que no encuentran refugio enterrándose en el sustrato y con ello el cambio en la estructura de la comunidad, ideas compartidas por Jesús et al⁵⁵ (2004). Pocas especies están adaptadas a estas bruscas variaciones (Chironomidae), por lo que la densidad de macroinvertebrados bentónicos disminuye.

Otro de los factores que puede estar determinando un ligero aumento o disminución en la abundancia y distribución de los macroinvertebrados por género es el inicio de una contaminación orgánica, producida principalmente por vertidos puntuales de aguas residuales de poblaciones o actividades ganaderas y la perturbación antropogénica (la cual es frecuente en esta región), debido a su aumento en los últimos tiempos y cuyos efectos sobre la biota fluvial se multiplican cuando la dilución del efluente contaminante es pequeña al producirse en cauces con bajo caudal o temporales, ocasionando la aparición de géneros entre los que se destacan Heterelmis y Macrelmis, característicos de este tipo de aguas.

Las similitudes o diferencias encontradas entre las quebradas respecto a los parámetros físico-químicos mostraron diversas asociaciones influenciadas por algunos de estos, lo cual se puede explicar por factores como el grado de intervención antrópica, la geología de cada cuerpo, la morfometría, entre otros. En la zona del Altiplano Nariñense sin duda existe una intervención variable por parte del hombre en cada cuenca lo que puede generar cambios más fuertes en unos que en otros, explicándose probablemente las diferencias encontradas, tal es el caso de la quebrada Piacum, donde se detecto una ligera contaminación influenciada por las diversas acciones del hombre.

⁵⁴ JACOBSEN, D. The effect of organic pollution on the Macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams. Arch. Hydrobiol; 1998.143 (2): 179-195

⁵⁵ JESUS T. et al. Impact evaluation of the Vila Vicosa small hydroelectric power plant (Portugal) on the water quality and on the dynamics of the benthic Macroinvertebrate communities of the Ardena river. Limnetica, (2004). 23- (3-4): 241-256

Los resultados de los análisis físico-químicos realizados a las quebradas La Tebaida, y Las Vueltas demostraron en general valores constantes; e indican que la mayoría de los parámetros se encuentran dentro de las concentraciones normales según lo que establece la legislación colombiana para agua potable.

La Quebrada Tebaida, según Muñoz y Obando⁵⁶ presentó una baja diversidad y riqueza de géneros. Su escasa cobertura vegetal y usos inadecuados del suelo hacia sus riberas puede ser factores determinantes para los valores encontrados. Los géneros más abundantes y comunes fueron: *Leptonema sp* (Hydropsychidae), *Anacroneuria sp* (Perlidae), *Baetis sp*, *Baetodes sp* (Baetidae), *Anchytarsus sp* (Ptilodactylidae), y la Subfamilia Orthocladinae (Chironominae); estos organismos en general, son propios de aguas limpias bien oxigenadas.

Más sin embargo lo reportado en este trabajo mostró que la quebrada las Vueltas presento una buena riqueza en géneros, la cual estaría asociada a la similitud en los parámetros físicoquímicos, seguida en orden de importancia por Tebaida.

Se discute el caso de la quebrada Piacum, que presentó una alta abundancia de géneros con cierta riqueza y una alta diferenciación con las otras quebradas con respecto a los parámetros físicoquímicos esto haría pensar que algunos géneros considerados como sensibles, se están desplazando o desapareciendo porque las condiciones de su nicho están siendo alteradas, lo que se muestra en el fenograma de la figura 4. Cabe aclarar que los cuerpos evaluados se examinaron con un número limitado de variables ambientales. Esto se respalda por lo afirmado por Quintero⁵⁷ quien dice: aunque la mayoría de parámetros físico químicos presentan valores normales de acuerdo a las normas establecidas para aguas potables, es preocupante las concentraciones de color, fosfatos, nitratos, amonio, por haber presentado valores muy superiores a los límites establecidos. La Precipitación fue un factor determinante en el comportamiento de las variables físico químico, biológico y caudal de la quebrada Piacún, se suman a este hecho la erosión del cauce, la deforestación, las actividades agrícolas y ganaderas y la alta pendiente que presentan los terrenos circundantes a la quebrada.

El análisis de conglomerados de quebradas Vs. macroinvertebrados muestra que hay similitud entre las quebradas Tebaida – Vueltas, dado que la riqueza y abundancia de macroinvertebrados es favorecida por las condiciones ecológicas de estas, lo que también sucede con las quebradas Cuacé – Ingenio, pero con una menor distancia respecto a las anteriores, debido posiblemente a que en ellas esta ocurriendo un ligero proceso de degradación como lo indican los organismos

⁵⁶ MUÑOZ, L. y OBANDO, N. Evaluación de calidad del agua de las quebradas la tebaida y las vueltas, fuentes abastecedoras del acueducto del municipio de Chachagüí – departamento de Nariño. Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño, Pasto. 2005. p. 135.

⁵⁷QUINTERO M. Op cit. P.5.

presenten en estos cuerpos de agua (*Cardiocladius*, *Smicridea*, *Dugesia*, entre otros).

Para el caso de la quebrada Piacum se observó que es la que mayor distancia presento con respecto a los demás cuerpos evaluados tanto en los parámetros fisicoquímicos como en los macroinvertebrados, esto se puede explicar porque los cambios ambientales (eutrofización, entre otros) han generado variaciones en este ecosistema que conllevan a la dominancia de algunos géneros (*Baetis* y *Simulium*) que toleran ciertos niveles de contaminación, además de que los hace altamente ubiquistas. Al respecto Gasith & Resh⁵⁸ también mencionan que un régimen de perturbación tanto natural como antrópico a los cuales están sometidos muchos de los sistemas fluviales son responsables del dominio y residencia de taxones y por tanto, escasamente condicionados por las variables ambientales típicamente consideradas como importantes en estos ecosistemas.

Al parecer la gran mayoría de géneros presentes en cada cuerpo de agua en este estudio tiene sus requerimientos físico químico específicos, aunque es conocido que existen algunos de estos (especialmente algunos dípteros y tricópteros) que son citados por autores como Kay et al⁵⁹, con requerimientos de aguas exentas de contaminación orgánica u oligotróficas, o se les asigna un alto valor indicador de buena calidad en algunos índices bióticos. Lo anterior se puede explicar por las fuertes pendientes a lo largo de los cuerpos de agua los cuales permiten mantener condiciones de turbulencia y oxigenación de las aguas suficientemente aceptables para ciertos taxones frente a eventos no extremos de contaminación orgánica, al menos cuando el caudal lo permita, este concepto lo comparte Cuellar et al⁶⁰, quien trabajo en temas similares en algunas cuencas brasileñas. Es importante tener en cuenta que los parámetros físico químicos ejercen una gran influencia sobre la diversidad, abundancia y por ende en la distribución de los taxa reportados (figura 7, tabla 4). Lo anterior también es sustentado por trabajos realizados por Rosemberg y Resh⁶¹, quienes aclaran que las características físico químicas del medio acuático suelen ejercer una importante influencia sobre la distribución de los macroinvertebrados fluviales.

En el caso de la quebrada Piacum se observó una alta correspondencia con algunos géneros, se puede deber a que muchos de ellos no soportan procesos de eutrofización (*Baetis*, *Molophilus*, y *Simulium*) y otros toleran todo tipo de aguas

⁵⁸ GASITH, A. Y V. RESH. Streams in Mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 30: 51 – 81.

⁵⁹ KAY, W.R., S.A. HALSE, M.D. SCANLON Y M.J. SMITH. 2001. Op. cit. p 182-199.

⁶⁰ CUELLAR, P., Benthic community organization in an intermittent lotic system. *Verh.int.ver.Limnol.* 1998. 26: 1002 : 1007

⁶¹ ROSEMBERG, D. M. Y V. H. RESH. Op. cit., p 166.

(Dugesia), sustentación también realizada por Canfield et al ⁶² quienes mencionan que los gamáridos tienen relación exclusiva en tramos de quebradas o ríos con contaminación orgánica y no en otro tipo de aguas.

Se puede observar que las correspondencias entre quebradas y macroinvertebrados están condicionadas por los parámetros físico – químicos, los caudales, la geología, la morfología, los procesos de eutrofización y el grado de tolerancia a estos cambios, esta aseveración también es compartida por Oscoz et al⁶³ quienes realizaron un estudio de estructura y abundancia de macroinvertebrados. Zamora G.H⁶⁴ (1.999), estudia los macroinvertebrados del departamento del Cauca y concluye que la distribución ecológica de estos obedece más a la acción conjunta de factores climáticos y biológicos de moderada intensidad que a uno de ellos en particular.

Para el caso de las correspondencias entre los macroinvertebrados y las variables fisicoquímicas se observó que no existe una sola variable que determine el hábitat ideal de estos organismos, por el contrario ellos se asocian en mayor o menor grado de acuerdo a los valores de los parámetros que requiere cada uno, como se observó en la figura 7. Cabe resaltar que los parámetros más determinantes en el hábitat de estos organismos son las altas concentraciones de nitratos, pH alto, temperatura alta, amonio y oxígeno bajos, lo que puede indicar que las condiciones de estos cuerpos de agua evidencien procesos de eutrofización como se afirmó anteriormente.

Al parecer la correspondencia de los macroinvertebrados y los parámetros físicos químicos, no son producto del azar, sino el reflejo de la ecología de cada cuerpo de agua, y la incidencia sobre los macro invertebrados se debe a la gran magnitud de las escalas espacio temporales, buen muestreo, las variables seleccionadas y la gran resolución taxonómica de su identificación, análisis que también es compartido por algunos autores como Gasith y Resh⁶⁵

En investigaciones similares a este trabajo y realizados por Soledad et al⁶⁶ donde se trabajo con un gran número de muestras y taxones, se obtuvieron porcentajes de varianza relativamente bajos, las variables físico químicas evaluadas explican

⁶² CANFIELD, T, et al Assessing contamination in Great Lakes sediment using benthic e invertebrate communities and the sediment quality triad approach. J.Great Lakes (1996). Res; 22:565-583

⁶³ OSOZ, J., et al. Variación de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en relación con la calidad de aguas. Limnetica, 2006. 25 p. (3):683-692

⁶⁴ ZAMORA G., H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación Biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. Popayán: Universidad del Cauca, Departamento de Biología, 1999. citado por: QUINTERO M. Caracterización limnológica de la quebrada Piacun (Pupiales - Nariño) mediante parámetros Físicos – químicos y biológicos. Tesis de grado. Programa de biología. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias naturales y de matemáticas. 2005. p. 98.

⁶⁵ GASITH, A. Y V. RESH. Op cit. P.45.

⁶⁶ SOLEDAD, V., CASAS, J, PARDO I., ROBLES, S., BONADA, N., MELLADO, A., PRAT, N., ALBA TERCEDOR, J., ALVAREZ, M., BRAYO, M. CUELLAR, P., SUAREZ, LUISA. , TORO, M., VIDAL, M., ZAMORA, C., MOYA, G. Y MOYA, G. Op. cit p. 34.

la correspondencia con un poco más del 8 % de la varianza total de géneros de macroinvertebrados. A diferencia nuestra la correspondencia de macroinvertebrados con los parámetros físico químicos puede ser un poco mas baja dado que solo se trabajo con 6 variables y según Cortes et al⁶⁷, y Aguiar et al⁶⁸ para obtener unos buenos resultados se debe trabajar con al menos 10 variables físico químicas.

Se pudo observar que la temperatura fue el parámetro que más peso tuvo con respecto a los macroinvertebrados. Lo anterior también es compartido por Harper⁶⁹, quien dice que la temperatura se considera el factor ambiental más importante que condiciona la eclosión de los huevos, el desarrollo de las ninfas, y en general, la distribución de especies de plecópteros, de tal forma que estos sólo aparecen si la temperatura se mantiene por debajo de 25 °C, no obstante, los datos de este trabajo demuestran que este género puede estar presente por debajo de este umbral térmico. Por otra parte Prenda y Gallardo⁷⁰, subrayan que para explicar la distribución longitudinal de los plecópteros, a su general psychrofilia (sensulato), hay que sumar la escasa tolerancia de este grupo a alta mineralización del agua, aunque *Thyrenoleuctra* (Leucitridae) parece tolerar altas concentraciones salinas (hasta 8.4 mS/cm).

En cuánto al amonio se puede observar que algunos géneros toleran este compuesto en bajas concentraciones y algunos toleran un amplio rango. Prenda y Gallardo⁷¹ dicen que así exista un alto nivel de amonio en un medio acuático y que se satisfaga unos requisitos mínimos de temperatura relativamente baja, buena oxigenación y turbulencia podrán sobrevivir. Donato⁷², asocia al amonio y al fosfato como dos buenos indicadores en sistemas fluviales de contaminación orgánica puntual y próxima espacio temporalmente, pero que son necesariamente indicadores de eutrofia. Estos estudios confirman lo obtenido en las quebradas Tebaida y las Vueltas, en cuanto a la relación amonio fosfatos que si bien indican posible contaminación el ser esta agua de bajas temperatura y alto oxígeno, permiten que géneros como Baetis, indicadores de buena calidad de agua, ocupen estos sitios.

Otro gradiente ambiental que no se considero en esta investigación y que pudo haber condicionado los patrones de distribución de los macroinvertebrados es el

⁶⁷ CORTES, R. V. T. FERREIRA y F. N. GODINHO. Op. cit. p .87.

⁶⁸ AGUIAR, F. C., M.T. FERREIRA Y P. PINTO. Op. cit., p.123

⁶⁹ HARPER, P. P. Plecoptera. In: Canada and its Insects fauna. H. V. Danks (ed.): 311- 313. Mem. Ent. Soc. 1979. Can., 108: 1 – 573.

⁷⁰ PRENDA, J Y A. GALLARDO-MAYENCO. Distribution patterns, species assemblages and habitat selection of the stoneflies (Plecoptera) from two Mediterranean river basins in Southern Spain. Internat. Rev. Ges. Hydrobiology. 1999. 84:596-608.

⁷¹ PRENDA, J Y A. GALLARDO-MAYENCO Op. cit., p. 164.

⁷² DONATO, John. Fitoplancton de los lagos Andinos del norte de Sudamérica: Composición y factores de distribución (2001). Citado por BRAVO, Leonardo y DOODS, W.,. Misuse of inorganic N and soluble reactive P concentrations to indicate nutrient status of surface waters. J. N. Am. Benthol. 2003.Soc., 22: 171 – 181.

caudal y la concentración de nutrientes, al igual como lo menciona Davies⁷³, el caudal puede generar un gradiente ambiental que se puede relacionar con la temporalidad del medio acuático (Zonas con caudales bajos pueden presentar estiaje), y estos dos son indicadores de contaminación orgánica puntual. Es así que las zonas con valores más bajos de caudal, situados en tramos altos y medios, pueden presentar bajos niveles de agua en épocas de verano. A lo anterior hay que sumarle que en las épocas de verano las personas de estas zonas usan el agua para procesos de riego.

La evaluación biológica de la calidad de los ecosistemas fluviales y el ajuste de sus fundamentos teóricos y metodológicos a las particularidades de cada región o país constituye un importante tema de debate desde hace más de dos décadas (Karr y Chu⁷⁴). En la actualidad en la península Ibérica y otros países de América los índices biológicos fundamentados en macroinvertebrados más utilizados para la evaluación de la calidad de sistemas fluviales se basan en la resolución taxonómica a familia y en la asignación de una puntuación de acuerdo con el valor indicador a cada taxón. Actualmente se están realizando investigaciones llegando hasta género con el propósito de ver si es más efectivo la determinación de la calidad del agua.

En este punto los resultados de este trabajo permiten manifestar, que la presencia de géneros de macroinvertebrados en algunos cuerpos de agua, no necesariamente determina las características o propiedades fisicoquímicas de la misma, por lo tanto asegurar que el hallazgo de algunos taxones sea un indicador de calidad es necesario estudiarlo con más profundidad, considerando muchas más variables de estudio, como también tener en cuenta las particularidades de cada región, dado que su presencia esta sujeta a las variaciones ambientales, geológicas y antropogénicas, como también al proceso adaptativo de algunos de ellos a estos cambios.

⁷³ DAVIES, P.E. National river processes and Management Program Monitoring River Health initiate. River Bioassessment Manual version 1.0. Departament of the enviromental, sport and territories, Canberra. 1994.p 484 -512

⁷⁴ KARR, J.R. Y E.W. CHU.G Restoring life in running waters. Better biological monitoring. Washington DC. Island press. 1999. p.75.

8. CONCLUSIONES

- La evaluación de los cuerpos de agua del Altiplano Nariñense mostró una ligera contaminación de sus aguas, reflejado en el dominio de taxones altamente ubiquestas.
- Los géneros más frecuentemente encontrados correspondieron a *Anacroneuria*, *Baetodes*, *Baetis*, *Cylloepus*, *Hyaella* y *Simulium*. Siendo *Baetis* y *Simulium* los que mayor abundancia presentaron representando más del 43% del total de géneros reportados. Mientras que de la gran mayoría de taxones registrados solo se encontró un individuo en cada una de los cuerpos de agua, indicando cambios de degradación.
- Existe una gran diferencia entre la quebrada Piacum respecto al resto de cuerpos de agua tanto en parámetros fisicoquímicos como en macroinvertebrados, condicionado por los cambios ambientales.
- La similitud en los análisis de correspondencias estuvo determinada por el compartir macroinvertebrados, la abundancia de los mismos, la menor abundancia y la ausencia de estos.
- El análisis de componentes principales determinó que en el primer componente (C1) la temperatura fue el principal aspecto que determinó la relación entre parámetros fisicoquímicos y géneros de macroinvertebrados, el segundo componente (C2) mostró que son los nitratos los que más influenciaron este tipo de relación, mientras en el tercer componente (C3), fueron los fosfatos los que menos incidencia tuvieron con estos.
- El análisis de componentes principales permitió agrupar a los organismos en los siguientes grupos: los que requieren nitratos y temperatura baja y pH, oxígeno y amonio altos, los que tienen valores de temperatura, nitratos y pH altos y oxígeno, amonio bajos; los que tienen alto contenido de oxígeno y amonio y temperatura, nitratos y pH bajos; los que tienen altas temperaturas y valores bajos para el resto de parámetros.
- La evaluación de un número limitado de variables ambientales, como el utilizado en el presente estudio, por muy esenciales que éstas sean para los macroinvertebrados fluviales, no permitieron explicar con alta resolución una matriz de géneros tan rica y compleja.

- Podemos afirmar que las correspondencias entre parámetros físico químicos y macroinvertebrados no dependen exclusivamente de una sola variable, sino de la que más se adapte a las condiciones de cada taxón, especificando que los cuerpos de agua tienen características que están condicionadas por el marco climático, geológico e histórico de cada región las cuales juegan un papel importante en la abundancia o ausencia de estos organismos. Este conocimiento previo debería permitir el ajuste de dichos índices a las peculiaridades faunísticas y ecológicas de la zona y sus gradientes ambientales.
- Es posible que la intermitencia y temporalidad en las que se realizaron los estudios, hayan acentuado sobremedida la irregularidad en la distribución espacio temporal de los macroinvertebrados, lo que puede acrecentar el ruido en la búsqueda de relaciones taxones variables ambientales.

9. RECOMENDACIONES

- Se requiere conocer más de la ecología (anterior y posterior) de cada género para establecer si esta en el sitio adecuado o no, si ha sido forzado o ha tenido que adaptarse.
- Hacer un inventario más amplio de los macroinvertebrados de Altiplano Nariñense con el fin de establecer mejores relaciones y correspondencias entre estos y los parámetros fisicoquímicos.
- Seguir realizando trabajos básicos en zonas medias y bajas que permitan implementar un diseño que relacione las variables fisicoquímicas y los macroinvertebrados.
- Estandarizar los métodos de muestreo que conlleven a obtener información de mayor confiabilidad.
- Se recomienda a los entes gubernamentales de esta región, implementar planes de manejo y conservación de estos cuerpos de agua, los cuales muestran ligeros niveles de eutrofización.
- Evaluar el mayor número de variables físico químicas para obtener resultados mucho más confiables.
- Al implementar una metodología de muestreo en una zona donde no existe, se debería testar varias, seleccionar alguna y adaptarla de manera conveniente, en caso de ser necesarias, ya que no todas pueden ser útiles.
- Se debe estandarizar la metodología de muestreo en nuestra región, ya que de no ser así se puede conllevar e sesgos en los resultados.

11. BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, F. C., M.T. FERREIRA Y P. PINTO. Relative influence of environmental variables on macroinvertebrate assemblages from an Iberian basin. *J. N. Am. Benthol.* 2002. 21: 43 – 53.

ALBA TERCEDOR, J. & A. SÁNCHEZ-ORTEGA. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell .1978. *Limnetica*, 4: 51-56.

ALBA-TERCEDOR, et al. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (=BMWP'). 2002. *Limnética*, 21: 185.

ALBA-TERCEDOR, J. & A. PUJANTE. Running-water biomonitoring in Spain. Opportunities for a predictive approach. In: *Assessing the Biological Quality of Freshwater: RIVPACS and similar techniques*. J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M. Furse (eds.): 2000. p. 216.

ALBA-TERCEDOR, J.. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA), Almería, España. 1996: p. 213.

ARMITAGE, P. D., R. J. GUNN, M.T. FURSE, J.F. WRIGHT Y D. MOSS. The use of prediction to assess macroinvertebrate response to river regulation. *Hydrobiology*. 1987.144: 25 – 32.

BLIJSWIJK, C. N Y COIMBRA C. N. T The use of biological methods base on macroinvertebrates to an Iberian stream (Central Portugal) receiving a paper mill effluent. 2004. Vol: 23 (3 - 4).

BOHORQUEZ, Amparo. Estudio de la calidad de aguas en cuatro estaciones localizadas en los ríos Barandillas y Frío, afluentes y efluente. Municipio de Cumbal. Departamento de Nariño. Facultad de ciencias naturales y matemáticas. 2003. P 129.

BRAVO, Leonardo y ERAZO F. Caracterización limnológica de la Laguna la Bolsa y de su principal afluente y efluente, municipio de Cumbal, Departamento de Nariño. Tesis Pregrado. Universidad de Nariño. Pasto. 2003. p 154.

CABRERA, Cristina y ROJAS, Carmen. Estudio de la variación de la calidad del agua del río el Ingenio, Municipio de Sandoná, mediante parámetros fisicoquímicos, biológicos, bacteriológicos. Tesis de pregrado. Programa de Biología. Universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas. 2004. p. 73.

CHESSMAN, B. C. Y D.P. ROBINSON. Some effects of the 1982 – 83 droughts on water quality and macroinvertebrate faun in the coger La trobe River, Victoria. Aust. J. Mar. freshwat. 1987. Res., 38: 289 – 299.

CÓRDOBA, Carlos; GUZMÁN, Luís y ROSALES, Guillermo. Caracterización limnológica de la laguna Negra. Pasto, 1995. 120 p. Tesis de grado (Especialización en ecología) : Universidad de Nariño. Escuela de postgrados.

CORKUM, L.D. Patterns of benthic invertebrate assemblages in rivers of northwestern North America. Freshwat. Biol., 21: 191- 205. 1989.

CORTES, R. V. T. FERREIRA y F. N. GODINHO. Benthic community organization in a intermittent lotic system. *Verh. Int. Ver. Limnol.*, 1998. 26: 1002- 1007.

CRANSTON, P.S. Biomonitoring and invertebrate taxonomy. *Environmental Monitoring assessment*. 1990. 14: 265 -273.

CUELLAR, P., Benthic community organization in an intermittent lotic system. *Verh.int.ver.Limnol.*, 1998. 26: 1002: 1007

DAVIES, B. R., M.C. THOMS, K.F. WALKER, J. H.OKKEEFFE Y J. A. GORE. Dryland rivers: their ecology, conservation and management. In: *The rivers Handbook vol2*. P. Calow y G.E. Petos. (Eds). 1994. Black Scientific, Oxford.

DAVIES, P.E. National river processes and Management Program Monitoring River Health initiate. *River Bioassessment Manual version 1.0*. Departament of the enviromental, sport and territories, Canberra. 1994. pp 484 – 512.

Disponible en Internet: URL:http://www.ambientum.com/enciclopedia/aguas2.01.19.31_1r.html.

DONATO, John. Fitoplancton de los lagos Andinos del norte de Sudamérica: Composición y factores de distribución. Citado por BRAVO, Leonardo y ERAZO F. Caracterización limnológica de la Laguna la Bolsa y de su principal afluente y efluente, municipio de Cumbal, Departamento de Nariño. Tesis Pregrado. Universidad de Nariño. Pasto. 2003. p 154.

_____. Fitoplancton de los lagos Andinos del norte de Sudamérica: Composición y factores de distribución (2001). Citado por BRAVO, Leonardo y

DOODS, W. Misuse of inorganic N and soluble reactive P concentrations to indicate nutrient status of surface waters. *J. N. Am. Benthol.Soc.* 2003. 22: 171 – 181.

DUCHARME, A. Estudio físico – químico y biológico del lago de La Tota. Bogotá. Revisión bibliográfica de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. 1975. p. 127.

FERRANO, S.P. Y F.A COLE. Taxonomic level sufficient for assesing a moderate impacto on macrobenthic communities in Puget Soun, Washington, USA. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*1992. 49: 1184 1188.

FURSE, M. T., D. MOSS, J. F. WRIGHT Y P.D ARMITAGE. The influence of seasonal and taxonomic factors on the ordination and classification of running-water sites in Great Britain and on the prediction of their macro - invertebrate communities. *Freshwat. Biol.*, 2000. 14: 257 – 280.

GARCÍA, Roberto; MORA, Amanda y RODRÍGUEZ, Hugo. Evaluación de parámetros físico – químicos como indicadores del grado de eutroficación del Lago Guamués. Pasto. Trabajo de grado (Ingeniero Acuícola): Universidad de Nariño. Facultad de Ingeniería. 2001. p. 86.

GASITH, A. Y V. RESH. Streams in mediterranean climate regions: Abiotic influences and biotic responses to predictable seasonal events. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 1999. 30: 51 – 81.

GAVIRIA, S. y RODRIGUEZ C. Estudio de la calidad de agua del río Bogotá aguas arriba de Tibitó. Empresas de acueducto y alcantarillado de Bogotá. Bogotá.1981. p.45.

GUILLER, P. S. Y B. MALMQVIS. The biology of streams and rivers. Oxford: University press. 1998. P.67.

HARPER, P. P. Plecoptera. In: Canada and its Insects fauna. H. V. Danks (ed.): 311- 313. Mem. Ent. Soc. Can. 1979.108: 1 – 573.

HEWLE, R. Implications of taxonomic resolution and sample habitat for stream classification at broad geographic scale. 2000. Benthol Soc. 19: 352 – 361.

HILDREW, A. G. Food webs and species interactions. In: The river Handbook. P. Calow y G. E. Pets (Eds): Blackwell Scientific publications, Oxford. 1992. 330.

HYNES, H. B.N. The Biology of pulleted Waters. Liverpool University press. 1960. p. 78.

KARR, J.R. Y E.W. CHU. Restoring life in running waters. Better biological monitoring. Washington DC. Island press. 1999. p. 75.

KAY, W.R., S.A. HALSE, M.D. SCANLON Y M.J. SMITH. 2001. Distribution and enviromental tolerances of aquatic macroinvertebrate familias in the agricultural zone of outhwestern Australia. J.N. Am. Benthol. 2001. Soc., 20: 182 – 199.

LADINO O., Yolanda y RINCON H., María Eugenia. Calidad biológica de los sistemas acuáticos del santuario de fauna y flora de Iguaque. . En: Diógenes. Vol. 4, No.2 (jun. – dic. 1997). Citado por: QUINTERO M. Caracterización limnológica de la quebrada Piacun (Pupiales - Nariño) mediante parámetros Físicos – químicos y biológicos. Tesis de grado. Programa de biología. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias naturales y de matemáticas. 2005. p 98.

LAMPERT, W Y U. SOMMER. Limnoecology. The ecology of lakes and streams. New York: Oxford University Press. 1997. 65.p.

MARCHANT, R., A. HIRST, R. NORRIS Y L. METZELING. Classification of macroinvertebrate communities across drainage basins in Victoria, Australia: consequences of sampling on a broad spatial scale for predictive modelling. Freshwat. 1999. Biol., 41: 253 – 268.

MATTHIAS, U. y H. MORENO. Estudio de algunos parámetros fisicoquímicos y biológicos del río Medellín y sus principales afluentes. 1983. Act. Biol. 12 (46): 106-117.

MOLANO, J El lago de Tota (1960). Citado por Roldan Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.1992. p 302.

MOLANO, L. Limnología colombiana. Lagos, lagunas, represas, ríos y quebradas de Colombia (1954). Citado por Roldan Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia 1992. p 302.

MOLLA, S. dinámica de la materia orgánica y metabolismo de un arroyo temporal del sur de España (arroyo de la Montesina, Córdoba). Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid. 1994. p.189.

MUNNE, A., N. PRAT, C. SOLA, N BONADA Y M. Rieradevall. A simple field method for assessing the ecological quality of riparian habitat in rivers stream. QBR. Idex. Aquatic. Conserv: Mar Freshw. Ecosystem., p. 2003. 13: 147 – 164.

MUÑOZ A. y OBANDO N. Evaluación de calidad del agua de las quebradas la tebaida y las vueltas, fuentes abastecedoras del acueducto del municipio de

Chachagüí – departamento de Nariño. Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño. Pasto. 2005. p. 135.

NARVAÉZ, A; Estudio Batimétrico y algunas relaciones ecológicas del Lago Guamuéz (La Cocha). Universidad de Nariño, Pasto, Colombia. p. 136.

NARVÁEZ, Alirio. Estudios batimétricos y algunas relaciones ecológicas del lago Guamués. Universidad de Nariño, Departamento de Biología, Pasto, 1978. 101 p.

NIELSEN, D.L., R.J. SHIEL Y F.J. SMITH. Ecology versus taxonomy: is there a middle ground Hydrobiologia. 1998. 387/ 388: 451 – 457.

ORTEGA, G. V. evaluación de la calidad del agua brindando alternativas de protección y recuperación de zonas contaminadas en la microcuenca Genoy-Guaico. Corregimiento de Genoy. Municipio de San Juan de Pasto. Trabajo de grado. Universidad de Nariño. 2007. p 48.

PAREDES J. y VALLEJO M. Determinación de la Calidad del agua del río Pasto mediante parámetros fisicoquímicos, bacteriológicos y biológicos. Tesis de grado. (Especialización en Ecología); Universidad de Nariño. Escuela de Postgrados (1995). P. 96.

PLAFKIN, J.L., M.T. BARBOUR, K.D PORTER, S. K. GROSS Y R. M. HUGHES. Rapid bioassessment protocols for use in streams and rivers: benthic macroinvertebrates and fish. EPA/444/4-89-001. United States Environmental Protection Agency, Washington D.C., USA. 1989. p.345.

PRENDA, J Y A. GALLARDO-MAYENCO. Distribution patterns, species assemblages and habitat selection of the stoneflies (plecoptera) from two Mediterranean river basins in Southern Spain. Internat. Rev. Ges. Hydrobiol., 1999. p. 84:596-608.

QUINTERO M. Caracterización limnológica de la quebrada Piacun (Pupiales - Nariño) mediante parámetros Físicos – químicos y biológicos. Tesis de grado. Programa de biología. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias naturales y de matemáticas.2005. P. 98.

RAMIREZ R., Jhon Jairo y ROLDAN, Gabriel. Contribución al conocimiento limnológico y de los macroinvertebrados acuáticos de algunos ríos de la región del Urabá Antioqueño. En: Actualidades Biológicas. Vol.18, No. 66 (jul. – dic . 1989). Citado por: QUINTERO M. Caracterización limnológica de la quebrada Piacun (Pupiales - Nariño) mediante parámetros Físicos – químicos y biológicos. Tesis de grado. Programa de biología. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias naturales y de matemáticas.2005. P 98.

ROLDAN Gabriel. Fundamentos de limnología neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín. 1992.p. 529

_____. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fama Editores. Ltda. Bogotá, Colombia. 1996. P 101 – 102.

ROLDAN Gabriel; POSADA José y GUTIERREZ Juan. Estudios limnológicos de los recursos hídricos del parque de piedras blancas. Bogotá. Academia colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales: Guadalupe.2001. P 152.

Rohlf, F. J. NTSYS-PC Versión 2.11: Numerical taxonomy and multivariate analysis system. Exeter Publishing Ltd. New York. 2000 .P.12.

_____. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Newyork: Chapman y Hall. 1993. P.45.

ROSEMBERG, D. M. Y V. H. RESH. Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates. New York. Chapman y Hall. 1978. P. 56

RUTT, G. P., T. PICKERING Y N. R. REYNOLDS. The impact of livestock farming on welsh streams: The Development and testing of a rapid biological method for use in the assessment and control of organic pollution from farms. *Envir. Pollut.*, 1993. 81: 217 – 228.

SOLEDAD, V. , CASAS, J, PARDO I., ROBLES, S. , BONADA, N. , MELLADO, A. , PRAT, N. , ALBA TERCEDOR, J. , ALVAREZ, M., BRAYO, M. CUELLAR, P. , SUAREZ, LUISA. , TORO, M. , VIDAL, M. , ZAMORA, C. , MOYA, G. Y MOYA, G. Exploración de la tolerancia ambiental de las familias de los macroinvertebrados de los ríos del mediterráneo del proyecto Guadalmed. Departamento de biología vegetal y Ecología. Universidad de Madrid. España. *Limnética*. 2002. 21 (3 – 4): 149: 173.

STUBAUER, I. Y O. MOOG.. Taxonomic sufficiency versus need on information – comments based on the Austrian experiences in biological water quality monitoring. *Verh. Int. Verein. Limnol*. 2000. 27: 2562 – 2566.

UNIVERSIDAD DEL VALLE – INSTITUTO CIANARA. Investigación sobre El agua contaminada y la afección en el hombre. Disponible en Internet. <http://www.univalle.edu.co/organismos.html>. 2003. p.88.

UNZZIKER, L. M. Evaluation of the simple size used for the rapid bioassessment of rivers using macroinvertebrates. *Hidrobiología*. 2001. p. 159.

WETZEL, Robert G. *Limnology*. Edit Omega. Barcelona. 1981. p. 679.

WRIGHT, J.F., D. MOSS, P.D. ARMITAGE. Y M.T. FURSE. Assesing the biological quality of fresh waters: RIVPACS and other techniques. Freshwater: Biological Associations. Ambleside, UK. 2003. p.678.

ZAMORA G., H. Adaptación del índice BMWP para la evaluación Biológica de la calidad de las aguas epicontinentales en Colombia. Popayán: Universidad del Cauca, Departamento de Biología, 1999. Citado por: QUINTERO M. Caracterización limnológica de la quebrada Piacun (Pupiales - Nariño) mediante parámetros Físicos – químicos y biológicos. Tesis de grado. Programa de biología. Universidad de Nariño. Facultad de ciencias naturales y de matemáticas. 2005. p 98.

ZAMORA MUÑOZ, C. Y ALBA TERCEDOR, J. Caracterización y calidad de aguas del río Monachil (Sierra Nevada). Factores físico químicos y comunidades de macroinvertebrados acuáticos. Junta de Andalucía, Agencia de Medio Ambiente. Granada. 1992. p. 167.

ZUÑIGA DE CARDOSO, María del Carmen, ROJAS DE HERNANDEZ, Angela Martha y CAICEDO, Guadalupe, Indicadores ambientales de calidad de agua en la cuenca del río Cauca. 1993. Ainsa Vol. 3 No. 2. p. 27.

ANEXOS

Anexo 1. Géneros de Macroinvertebrados encontrados en algunos de los cuerpos lóticos del Altiplano Nariñense. Presencia (1) o ausencia (0).

	Tebaida	Vueltas	Capote	Cuace	Ingenio	Piacum
<i>Alluaudomyia sp</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Ablapsemya</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Ampumixis sp *</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Anacroneuria sp</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Anchytarsus sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Atanatolica sp</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Atopsiche</i>	1	1	0	0	1	1
<i>Baetis sp</i>	1	1	1	0	0	1
<i>Baetodes sp</i>	1	1	1	0	1	1
<i>Bateéis</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Brechmorhoga sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Camelobaetidius</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Cardiocladius</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Chelifera sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Chironomini</i>	0	0	1	1	0	0
<i>Chrysops sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Corydalus sp</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Cryphocricos sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Cylloepus sp</i>	1	1	1	1	1	0
<i>Dineutes sp *</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Disersus sp</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Dryops sp</i>	0	0	0	0	0	0
<i>Dugesia sp</i>	1	1	0	0	1	1
<i>Elodes sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Eulimnichus sp</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Farrodes</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Helicopsyche sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Hemerodromia sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Hetaerina sp</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Heterelmis sp</i>	1	1	0	1	0	0
<i>Hexatoma sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Hyaella sp</i>	1	1	0	1	0	1
<i>Lachlania sp</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Leptohyphes sp</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Leptonema sp</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Limnocola</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Limnophora</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Limonia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Lutrochus sp</i>	1	0	0	0	0	0
<i>Lymnessia</i>	0	0	1	1	1	0
<i>Macrelmis sp</i>	1	1	1	0	1	0
<i>Macronychus sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Marilia sp</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Maruina sp</i>	0	1	0	0	0	0

<i>Microcylloepus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Molophilus sp</i>	1	1	1	0	0	1
<i>Mortoniella sp</i>	0	1	0	0	1	0
<i>Nectopsyche sp</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Neocylloepus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Neoperla</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Ochrotrichia sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Odontomyia sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Oecetis sp</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Orthocladius</i>	0	0	1	1	1	0
<i>Phanocerus sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Phyllogomphoides sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Phylloicus sp</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Pisidium sp *</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Platycentropus</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Podonomus</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Polycentropus sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Prionocyphon</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Procleon</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Psephenops sp</i>	1	1	0	0	1	0
<i>Psychoronia</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Rhizelmis</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Simulium sp</i>	1	1	1	1	1	1
<i>Smicridea sp</i>	1	1	0	0	1	1
<i>Sphaerium sp *</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Stenelmis sp</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Tabanus sp</i>	1	0	0	0	0	
<i>Terpides</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Thraulodes sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Tipula</i>	0	0	1	0	0	0
<i>Tipula sp</i>	1	1	0	0	0	0
<i>Tipula1</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Tipula2</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Tipula3</i>	0	0	0	0	0	1
<i>Traulodes SP</i>	0	0	0	0	1	0
<i>Tricorythodes</i>	0	1	0	0	1	0