

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

**ANÁLISIS DE LA SENSIBILIDAD DE MACROINVERTEBRADOS A
LA VARIACIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DE
CALIDAD DEL AGUA EN EL RÍO JATUNHUAYCO - EPMAPS**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

JUAN LUIS LÓPEZ PARRA

juanlucholopez@hotmail.com

M.SC. DANILO YÁNEZ CAJO

danilo.yanez@epn.edu.ec

DIRECTOR

ING. M.SC. NATHALIA VALENCIA

nathalia.valencia@epn.edu.ec

CODIRECTOR

QUITO, 19 DE AGOSTO DE 2016

DECLARACIÓN

Yo Juan Luis López Parra, declaro que el presente trabajo escrito es de mi autoría; ya que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

JUAN LUIS LÓPEZ PARRA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Juan Luis López Parra, bajo mi supervisión.

DANILO YÁNEZ CAJO, M Sc.
DIRECTOR DEL PROYECTO

NATHALIA VALENCIA, M. Sc.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios, quien es mi motivo de vivir y existir, quien me ha dado fuerzas para seguir adelante, quien cada día me muestra que existe y que me ama, pues jamás me desampara. Dios es mi razón para cantar, para soñar y para vivir, le agradezco por ser un hijo suyo. Todos estos años me acompañó en cada desvelada, desde el prepo hasta estos momentos, donde uno de mis objetivos de vida se está cumpliendo, y por siempre me acompañará.

Agradezco, a mi madre Giovana, quien me ha apoyado siempre, es un ejemplo a seguir, y la mujer más admirable de este mundo; a mi hermano, a mi abuelita y a mi padre, que han estado presentes en el desarrollo de mi vida estudiantil y son parte fundamental de mi vida.

Al grupo de alabanza que dirijo, mi banda Armagedon y al Coro IGCF, que han sido un motivo de alegría en todos estos años. A Karen, que en esta última etapa de mi vida ha estado acompañándome de una forma muy especial. También a mis amigos, Caro, Gaby, Ismael, Katty, Bryan, Mica, Andre mi prima, siempre ha existido ese compañerismo y hermandad durante los más de cinco años que he estado en las aulas de ésta prestigiosa universidad.

Le doy muchas gracias al M.Sc. Danilo, quién me ha apoyado en el proyecto de tesis, compartiendo su conocimiento y convirtiéndose en una persona en quien confiar, un gran profesional. Finalmente, a la Ing. Nathalia Valencia y al Lic. Vladimir Carvajal, quienes han aportado con su ayuda profesional para el cumplimiento de los objetivos de este trabajo.

Juan Luis

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, mi padre celestial.

A mi madre Giovana, a mi hermano Pablo y a mi abuelita Fabiola. Mi familia, a quienes los amo.

A mi grupo de alabanza, a mi banda Armagedon y al Coro IGCF, con quienes disfruto el servicio a mi Dios a través de la música.

Juan Luis

CONTENIDO

CAPÍTULO 1: ASPECTOS GENERALES	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	2
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
1.3 ALCANCE	3
1.4 JUSTIFICACIÓN	3
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	5
2.1 ESTIMACION DE DIVERSIDAD DE ESPECIES.	5
2.1.1 ABUNDANCIA.....	5
2.1.2 RIQUEZA O DIVERSIDAD.....	5
2.1.3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD.....	5
2.1.3.1 ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS.....	5
2.1.3.2 ESTIMADORES PARAMÉTRICOS.....	6
2.2 CALIDAD DEL AGUA	9
2.2.1 PARÁMETROS FÍSICOS	9
2.2.1.1 TEMPERATURA.....	9
2.2.1.2 SÓLIDOS TOTALES	10
2.2.1.3 CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD.....	10
2.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS	11
2.2.2.1 pH.....	11
2.2.2.2 OXÍGENO DISUELTO	11
2.2.2.3 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	11
2.2.2.4 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.....	11

2.2.2.5 NUTRIENTES.....	11
2.2.3 INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA	12
2.2.3.1 MACRO INVERTEBRADOS.....	13
2.2.3.2 COMPONENTES DEL HÁBITAT FÍSICO.....	15
2.2.3.3 GEOMORFOLOGÍA	15
2.3 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS	16
2.3.1 CORRELACIÓN	16
2.3.2 COVARIANZA	16
2.3.3 ACP	16
2.3.4 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL.....	16
2.3.4.1 MEDIANA	16
2.3.4.2 PROMEDIO	17
2.3.4.3 CUARTILES.....	17
2.3.5 MEDIDAS DE DISPERSIÓN	17
2.3.5.1 VALOR MÍNIMO Y MÁXIMO	17
2.3.5.2 VARIANZA.....	17
2.3.6 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE DATOS	17
2.3.6.1 HISTOGRAMA.....	18
2.3.6.2 BOXPLOT	18
2.3.7 PRUEBA DE NORMALIDAD	19
2.3.8 PRUEBA ANOVA	19
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA.....	20
3.1 ÁREA DE ESTUDIO	20
3.1.1 INFORMACION DEL AREA DE ESTUDIO	20
3.1.2 DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO.....	21
3.1.3 DISEÑO DE MUESTREO	23

3.2 TRABAJO EN CAMPO	27
3.2.1 MUESTREO BIOLÓGICO.....	28
3.2.2 MUESTREO FÍSICO-QUÍMICO	30
3.3 TRABAJO DE LABORATORIO	33
3.3.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS.....	33
3.3.1.1 DQO Y DBO ₅	33
3.3.1.2 NUTRIENTES.....	33
3.3.1.3 SÓLIDOS.....	34
3.3.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS	35
3.3.2.1 SEPARACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	35
3.3.2.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN	35
3.4 PROCESAMIENTO DE DATOS	36
3.4.1 CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES	36
3.4.1.1 APLICACIÓN DE ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS	36
3.4.1.2 APLICACIÓN DE MODELOS NO LINEALES.....	36
3.4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES	37
3.4.3 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	37
3.4.4 PRUEBA DE NORMALIDAD A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA.....	37
3.4.5 CORRELACIÓN.....	37
3.4.6 PRUEBA ANOVA.....	38
CAPÍTULO 4: RESULTADOS	39
4.1 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACION DE CAMPO Y LABORATORIO.	39
4.2 RESULTADOS DESCRIPTIVOS E INFERENCIALES	39
4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES	39
4.2.2 CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DE BIODIVERSIDAD	42

4.2.2.1 ABUNDANCIA	42
4.2.2.2 DIVERSIDAD.....	43
4.2.2.3 S ESTIMADO.....	45
4.2.3 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES.....	46
4.2.4 PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA VARIABLE "COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA"	48
4.2.5 CORRELACIONES	49
4.2.6 PRUEBA ANOVA	58
CAPÍTULO 5 : CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
5.1 CONCLUSIONES	61
5.2 RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	66
ANEXOS	71

ÍNDICE DE FIGURAS

2.1 CONSTRUCCIÓN DE UN HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS	18
2.2 ELEMENTOS IMPORTANTES DEL BOXPLOT.....	18
3.1 UBICACIÓN RÍO JATUNHUAYCO Y SU CAPTACIÓN	21
3.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA SECCIÓN DE ESTUDIO	25
3.3 PUNTOS DE REFERENCIA PARA MUESTREO EN SECCIÓN DE ESTUDIO	27

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

3.1 VALLE ANDINO DE ORIGEN GLACIAR.....	24
3.2 QUEBRADA ANDINA CON AFLORAMIENTO DE ROCAS.....	24
3.3 MUESTREO BIOLÓGICO CON RED SURBER.....	28
3.4 LAVADO PARA OBTENER MUESTRA BIOLÓGICA ÚTIL	29
3.5 TRANSPORTE DE LA MUESTRA A FUNDA ZIPLOC	30
3.6 MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN CAMPO	31
3.7 MEDICIÓN DE VELOCIDAD CON MICROMOLINETE.....	32
3.8 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO AMONIACAL.....	34
3.9 USO DE MUFLA Y DESECADORES EN ENSAYO DE SÓLIDOS.....	34
3.10 SEPARACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

3.1	VALORES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (MM) EN LA ESTACIÓN LA MICA (PERÍODO 1995 – 2007)	22
4.1	ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS EN LAS CUATRO CONDICIONES DE ANÁLISIS	40
4.2	MODELO NO LINEAL ECUACIÓN EXPONENCIAL NEGATIVA EN LAS CUATRO CONDICIONES DE ANÁLISIS	41
4.3	ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE ABUNDANCIA	43
4.4	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA VARIABLE DIVERSIDAD	44
4.5	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA VARIABLE S ESTIMADO	45
4.6	REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES	47
4.7	ABUNDANCIA CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA	51
4.8	DIVERSIDAD CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA	52
4.9	S ESTIMADA CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA	53
4.10	PRUEBA ANOVA: MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DE FRECUENCIA EN ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS	59
4.11	PRUEBA ANOVA: MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DE FRECUENCIA EN DIVERSIDAD DE ESPECIES	60

ÍNDICE DE TABLAS

3.1	UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO	20
3.2	COORDENADAS DE LA CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO	20
3.3	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FACTOR GEOMORFOLOGÍA.....	23
3.4	CONDICIONES DE DISEÑO DE MUESTREO	25
3.5	CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO	26
3.6	PUNTOS DE REFERENCIA PARA MUESTREO	26
3.7	FACTOR TEMPORALIDAD Y SU DESCRIPCIÓN	27
3.8	PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO (MEDICIÓN Y MUESTREO EN CAMPO)	31
3.9	ASPECTOS IMPORTANTES DE TOMA DE MUESTRAS Y PRESERVACIÓN	32
4.1	VALORES DE ESPECIES CALCULADAS CON ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS	40
4.2	VALORES DE COEFICIENTES DEL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES.....	42
4.3	MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LA VARIABLE ABUNDANCIA..	42
4.4	MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LA VARIABLE DIVERSIDAD ...	44
4.5	MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LA VARIABLE S-ESTIMADO...	46
4.6	IMPORTANCIA DE LA VARIABLE COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA EN LAS CUATRO CONDICIONES.....	47
4.7	RESULTADOS DE CADA REPLICA DE LA VARIABLE "COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA" EN LAS CUATRO CONDICIONES	48
4.8	RESULTADO DE SHAPIRO TEST A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA EN LAS CUATRO CONDICIONES.....	49
4.9	CORRELACIÓN ABUNDANCIA CON RESPECTO A LAS VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS	49
4.10	CORRELACIÓN DIVERSIDAD CON RESPECTO A LAS VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS	50
4.11	CORRELACIÓN COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA CON RESPECTO A LAS VARIABLES BIOLÓGICAS	54

4.12	CORRELACIÓN FAMILIAS CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA	54
4.13	RESUMEN DE CORRELACIÓN DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS CON RESPECTO A VARIABLES FISICO QUIMICAS DE CALIDAD DEL AGUA.....	55
4.14	RESULTADO PRUEBA ANOVA CON ABUNDANCIA.....	59
4.15	RESULTADO PRUEBA ANOVA CON DIVERSIDAD.....	60

RESUMEN

Esta investigación muestra un estudio de sensibilidad de macroinvertebrados con respecto a la variación de parámetros físico químicos de calidad del agua, alrededor de la captación del río Jatunhuayco aplicando el criterio de correlación numérica.

Se inició con una visita de campo al área de estudio, seguido por la planificación del muestreo en base a dos factores de diseño (Temporalidad y Geomorfología). Se ejecutaron dos campañas de muestreo, se examinaron datos en campo, se ejecutaron ensayos de laboratorio y se identificaron macroinvertebrados.

Con una base de datos sistematizada de parámetros físico químicos e identificación de macroinvertebrados, se aplicó el análisis estadístico. Previamente se emplearon métodos de estimación de diversidad de especies usando estimadores no paramétricos y modelos no lineales. Además, para la síntesis de datos de los parámetros físico químicos estudiados, se utilizó la prueba de Análisis de Componentes Principales.

El análisis de relación entre variables de calidad del agua y macroinvertebrados se lo realizó con correlación en lenguaje R, considerando el estudio de los datos obtenidos desde varias perspectivas, desde el campo más general (diversidad con respecto a calidad del agua), hasta análisis más detallados entre familias de macroinvertebrados y parámetros físico químicos de forma individual. Se aplicó la prueba anova para determinar si los factores de estudio influyen sobre la respuesta de diversidad de macroinvertebrados.

Los resultados mostraron correlaciones que permitieron observar los parámetros con alto grado de influencia sobre el desarrollo de las familias de macroinvertebrados encontrados. Se presenta la especie *Limnephilidae Anomalocosmoecus illesi* como potencial bioindicador. Finalmente, se determinó que el factor geomorfología y temporalidad si influyen sobre la respuesta de macroinvertebrados en el lugar de estudio.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, correlación, geomorfología.

ABSTRACT

This research shows a sensitivity study of macroinvertebrates with respect to the variation of physical and chemical water quality parameters around the catchment of the Jatunhuayco River applying the criterion of numerical correlation.

As first instance, a technical visit to the study area was performed where the sampling was planned based on two design factors (Temporality and geomorphology). Therefore, two sampling campaigns were accomplished. Some data were analyzed in field, laboratory tests were applied, and macroinvertebrates were identified.

The statistical analysis was applied with a systematized database of physical-chemical parameters and macroinvertebrates identification. Previously, methods of estimation of species diversity were employed using nonparametric estimators and non-linear models. In addition, a Principal Component Analysis was used for the synthesis of physical-chemical data, which resulted in a new variable.

The relationship analysis between water quality variables and macroinvertebrates was performed with correlation in R language where various perspectives of data study were considered starting from the most general field (diversity with respect to water quality) to macroinvertebrate families and physical-chemical parameters analysis. The anova test was applied to determine if the study factors have influence on the response of macroinvertebrate diversity.

The results showed correlations which allowed to observe parameters with high degree of influence on the development of found macroinvertebrate families.

Limnephilidae Anomalocosmoecus illesi is presented as potential bioindicator.

Finally, it was determined that geomorphology and temporality have influence on the response of macroinvertebrates in the study place.

Key Words: Macroinvertebrates, correlation, geomorphology.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo detalla un proceso de análisis de sensibilidad de macroinvertebrados a la variación de parámetros físico químicos de calidad del agua, con la aplicación de correlación numérica y procesos estadísticos, para el conocimiento del grado de influencia de factores y parámetros planteados en la investigación, sobre la biodiversidad de macroinvertebrados alrededor de la captación del Río Jatunhuayco, estructurándose el trabajo de la siguiente forma:

En el Capítulo I: “Aspectos Generales”, se muestra una introducción temática al desarrollo de la investigación, señalando objetivos, antecedentes y justificación.

En el Capítulo II: “Marco Teórico”, se detallan conceptos aplicados en el proyecto, necesarios para el entendimiento del desarrollo del estudio, donde se explican conocimientos asociados a estimación de diversidad, calidad del agua y estadística.

En el Capítulo III: “Metodología”, se exponen datos importantes sobre la zona de estudio y el diseño de muestreo, así como el procedimiento realizado para la obtención de datos físico químicos y de macroinvertebrados. Se detalla el proceso de tratamiento de datos obtenidos, destacándose la aplicación de curvas de acumulación de especies y las diferentes pruebas estadísticas para el cumplimiento de los objetivos del estudio.

Capítulo IV: “Resultados”, se presenta los resultados obtenidos en la fase previa, referente a la estimación de diversidad de macroinvertebrados y el procesamiento estadístico, representados a través de datos, gráficos y tablas.

Capítulo V: “Conclusiones y Recomendaciones”, se presentan las conclusiones obtenidas en base a los datos significativos observados en el capítulo anterior de resultados, todos estos comprendidos dentro de los objetivos planteados en el proyecto. También se detallan recomendaciones en base a la experiencia del proyecto, para posteriores aplicaciones.

CAPÍTULO 1

ASPECTOS GENERALES

1.1 INTRODUCCIÓN

El papel que desempeña el recurso hídrico en el contexto humano de la sociedad es importante: la agricultura, la industria y sobre todo el uso doméstico; dependen directamente del agua. El agua es patrimonio natural y cultural, constituyendo el ecosistema vital con gran riqueza en biodiversidad (Carrera, 2001). El Ecuador como parte del territorio sudamericano está situado en un área con gran disponibilidad de agua, más de 46% de los recursos hídricos medios renovables del mundo, se encuentra en el continente americano (AGUA MX, 2004). En el contexto nacional, todavía no se ejecuta un plan integral de control del agua; como un claro ejemplo se evidencia en que menos del 10% de aguas residuales municipales e industriales poseen sistemas de tratamiento (INEC, 2012). Los estudios integrales de calidad del agua no tienen la suficiente cobertura, evidenciándose la falta de información en la ineficacia de la gestión realizada por parte de la sociedad ecuatoriana.

El análisis integral del estado de un cuerpo de agua lótico abarca el monitoreo biológico como parte esencial de la determinación de la calidad del agua. El componente biológico de un río, puntualmente en la fauna béntica observada en la presencia de macroinvertebrados, es una arista fundamental en el manejo y gestión de recursos hídricos (Rodrigues, 2009). Las comunidades biológicas se desarrollan en un entorno acuático con características propias, por lo que existen determinados factores para que el ecosistema acuático presente formas de vida como los macroinvertebrados (De Pauw, 1993).

Los macroinvertebrados comprenden una amplia variedad en diversidad de especies, que incluso muchas veces solo pueden llegar a ser identificados hasta la categoría taxonómica de familia (Illies, 1961). Los macroinvertebrados juegan un papel importante como bioindicadores de la calidad del agua. La utilización de

indicadores biológicos o bioindicadores se basa en el análisis de la alteración de la comunidad de organismos que habitan los ecosistemas fluviales frente a una perturbación determinada (Ladrera, 2012). Esta perturbación puede darse por cambios físicos como: la alteración del caudal, cauce del río; o por la alteración del estado químico del agua como: el aumento de materia orgánica, variación de especies químicas por contaminación antrópica (Rodrigues, 2009).

Este proyecto pretende determinar la relación de los factores físico químicos con la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, tomando como factores de análisis la temporalidad y la geomorfología.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la dinámica de un tramo específico del río Jatunhuayco, dentro de la Reserva Ecológica Antisana (REA), su valoración de la calidad, mediante el análisis de variación de parámetros físico químicos y su relación con la presencia de macroinvertebrados.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la riqueza y abundancia de macroinvertebrados presentes en el cuerpo de agua del área de estudio seleccionada con el muestreo y condiciones propuestas.
- Determinar los parámetros más importantes que influyen en la presencia de macroinvertebrados en el cuerpo de agua en los escenarios analizados.
- Analizar estadísticamente la relación de parámetros físico químicos del agua con respecto a la presencia de macroinvertebrados en los puntos de muestreo dentro un ecosistema altoandino.
- Analizar que familias de macroinvertebrados son las más susceptibles a cambios con respecto a la variación de parámetros físico químicos específicos con los resultados de correlación.

1.3 ALCANCE

El proyecto de tesis plantea analizar la relación existente de parámetros físico químicos del agua con respecto a la diversidad y abundancia de macroinvertebrados; tomando en consideración que el área donde se llevará a cabo la investigación presentará una estable variación de valores de los parámetros de calidad del agua debido a la poca intervención antrópica a la que está expuesta por estar dentro de un área protegida del estado. Para desarrollar este estudio estadístico se realizará un análisis integral de las variables físico químicas con respecto a la existencia de macroinvertebrados tomando en consideración factores de temporalidad y geomorfología, para este proceso se utilizará como herramienta informática de procesamiento estadístico el lenguaje R, con la interfaz gráfica de R ESTUDIO. Para analizar variables biológicas y obtener datos importantes de estimación de diversidad se apoyan en varios software: Estimates y Statistics, y para la diagramación de los resultados de los análisis mencionados: Matlab y Sigma Plot.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El marco de estudio de los macroinvertebrados ha aumentado en los últimos años, debido al interés de los investigadores de conocer la ecología de los cuerpos hídricos y su conservación; la documentación de la diversidad de estos organismos acuáticos en ríos del Ecuador permite observar un panorama general de cuáles son los posibles elementos existentes en un cuerpo de agua a estudiar. Sin embargo, estudios sobre morfología y ciclo de vida de los macroinvertebrados aún es un campo de amplio estudio, debido a que puntualmente no se conoce el desarrollo de especies bajo determinadas variaciones y cambios en su entorno circundante.

Las especies de macroinvertebrados en general son indicadores de calidad del agua, las familias de estos organismos viven en un entorno con condiciones específicas y presentan cierto grado de sensibilidad a cambios en el entorno ecológico donde se extienden. El análisis integral del cuerpo de agua en los lugares donde se realizará el estudio permitirá conocer las condiciones ecológicas

del sistema a estudiar. Los parámetros físico químicos determinan el estado de un cuerpo de agua y, también forman parte del conjunto de variables que requieren las formas de vidas acuáticas para poder desarrollarse.

El interés de este trabajo es estudiar la relación que presentan los macroinvertebrados a la variación puntual de determinados parámetros en ecosistemas alto andinos, debido a que no existe una insuficiente cantidad de estudios que profundicen el tema en ecosistemas altoandinos; tomando en cuenta que este tipo de ecosistema posee cualidades propias que lo definen y diferencian de otro tipo de pisos climáticos.

El proyecto pretende determinar una base de información que pueda aportar al conocimiento de la influencia de la variación de los parámetros a ser analizados en la ecología de un cuerpo de agua, además constituye una base de estudio para temáticas de caudales ecológicos.

La estadística es fundamental para relacionar variables, lo que permite conocer cuánto puede influenciar la variación de cierto parámetro con la existencia de los organismos bentónicos.

El proyecto de tesis se lo realizó bajo el marco de investigación para brindar herramientas de ayuda para la determinación de caudales ecológicos en el proyecto Análisis de la sensibilidad de los caudales ecológicos en el páramo a las variaciones del clima. Caso de estudio del Sistema de Captación La Mica en el volcán Antisana.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 ESTIMACION DE DIVERSIDAD DE ESPECIES.

2.1.1 ABUNDANCIA

Es el número de individuos que presenta una comunidad por unidad de área o unidad de volumen físico o de muestreo (SITES, 2000).

2.1.2 RIQUEZA O DIVERSIDAD

Hace referencia al número de especies (riqueza) y a la distribución equitativa de las mismas dentro de una comunidad, distinguiéndose así comunidades de alta o baja diversidad, así como comunidades cuya diversidad está en transición (Villar, 2000).

2.1.3 MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE LA DIVERSIDAD

De forma general los métodos para estimar la diversidad, es decir la riqueza de especies y/o la estructura de la población, se pueden dividir en paramétricos y no paramétricos, “permitiendo resumir la información en un solo valor y unificar cantidades para realizar comparaciones” (Biblioteca Humbolt, 2002).

2.1.3.1 Estimadores no paramétricos

Este tipo de métodos de estimación son usados cuando “no se asume una distribución estadística conocida o no se ajustan a ningún modelo determinado” (Biblioteca Humbolt, 2002), por lo que son también conocidos como libres de distribución, son más sencillos, rápidos y relativamente efectivos, los cuales son:

CHAO

Es el estimador no paramétrico basado en abundancias de individuos pertenecientes a una determinada clase de una muestra, su fundamento de cálculo es la presencia de especies que están representadas por pocos individuos en una muestra (Espinoza, 2003). Éstas especies raras para el cálculo se las considera como:

Singletons. Número de especies representadas por un solo individuo.

Doubletons. Número de especies representadas por dos individuos.

JACKKNIFE

Es aquel estimador que está basado en la presencia o ausencia de especies en una parcela determinada que en la abundancia de especies. Para estimar la riqueza de especies, se deben coleccionar n cantidad datos en el área de muestreo (Smith, 2006).

ACE

Es el estimador paramétrico que a más de tomar en cuenta los singletons y doubletons, considera las especies abundantes para su cálculo, las cuales son representadas por más de 10 individuos (Bautista, 2013).

2.1.3.2 Estimadores paramétricos

Son modelos matemáticos que describen de forma gráfica la relación entre la abundancia y las especies ordenadas en categorías de la más a la menos abundante, sus gráficas adquieren el nombre de Diversidad-Dominancia (Biblioteca Humbolt, 2002). Dentro de lo que respecta a este tipo de estimadores, se encuentra la función de acumulación de especies, la cual “Se utiliza para el análisis de la riqueza específica de muestras de diferente tamaño” (Moreno, 2001).

Curvas de acumulación de especies con modelos no lineales

Son curvas de tendencia que tienen por objeto determinar el número necesario de esfuerzos o unidades de muestreo en un determinado levantamiento de especies (Hortal & Jiménez , 2003). Es una curva de tendencia asintótica que muestra su valor de saturación en el punto donde la inclusión de nuevas especies decrece y la pendiente de la curva tiende a ser cero.

Entre las ventajas de la aplicación de curvas de acumulación de especies se encuentran:

- 1) Tener mayor fiabilidad a los inventarios biológicos para una mejor comparación con otros inventarios
- 2) Mejor planificación del trabajo de muestreo, tras estimar el esfuerzo
- 3) Extrapolar el número de especies observado en un inventario para estimar el total de especies que estarían presentes en la zona.

Dado que esta curva es útil para evaluar la calidad del muestreo, es decir permite modelizar la relación entre esfuerzo de muestreo y el número de especies encontrado (Hortal & Jiménez , 2003), es importante conocer las funciones más utilizadas para explicar dicho comportamiento.

a) Clench

Esta función explica que la probabilidad de añadir especies nuevas disminuye, con el tiempo, no obstante la experiencia en el campo la aumenta (Moreno, 2001).

La ecuación de Clench “está recomendada para estudios en sitios de área extensa y para protocolos que permitan aumentar más especies en tanto mayor sea el tiempo que se pasa en campo” (Hortal & Jiménez , 2003).

Su ecuación es:

$$S_n = \frac{an}{1+bn} \quad (2.1)$$

Donde:

S_n = Número medio de especies

n = Unidades de esfuerzo de muestreo

a = Tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario
 b = Parámetro relacionado con la forma de la curva

b) Exponencial Negativo

Es una función utilizada en zonas de muestreo relativamente pequeñas o cuando el grupo taxonómico es bien conocido por lo cual hay una alta probabilidad de que se añadan nuevas especies a la lista. (Hortal & Jiménez , 2003).

Su ecuación es:

$$S_n = \frac{a}{b}(1 - e^{-bn}) \quad (2.2)$$

Donde:

Sn = Número medio de especies

n = Unidades de esfuerzo de muestreo

a = Tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario

b = Parámetro relacionado con la forma de la curva

Cálculo de la pendiente y el número de asintota

En ambas funciones (Clench y Exponencial Negativa) aplicadas a la curva de acumulación de interés se puede determinar, mediante el cálculo de la pendiente, “la tasa de entrada de nuevas especies en el inventario con la unidad de esfuerzo elegida” (Hortal & Jiménez , 2003).

Para encontrar el valor de la pendiente de la curva, es necesario calcular el valor de la recta tangente en cada punto, aplicando la primera derivada a las ecuaciones correspondientes. Resultando para la Ecuación de Clench y Exponencial Negativa las siguientes expresiones:

Primera derivada de la ecuación de Clench:

$$\frac{a}{1+bn^2} \quad (2.3)$$

Primera derivada de la ecuación Exponencial Negativa:

$$a e^{-bn} \quad (2.4)$$

Estos cálculos ayudan a la graficación en software de los modelos mencionados. Por otro lado, el número de asíntota de la curva es un valor que expresa el número total de especies predicho por la curva en cuestión y se puede considerar como referencia para establecer límites arbitrarios que reflejen un muestreo exhaustivo. Tanto para la ecuación de Clench como para la Exponencial Negativa.

Este valor se obtiene de la división entre los parámetros a y b , significando el primer término la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario, y el segundo término un parámetro relacionado con la forma de la curva (Hortal & Jiménez , 2003).

2.2 CALIDAD DEL AGUA

La calidad del agua es un concepto relativo y depende del uso al que este destinado el recurso hídrico. (Barrenechea, 2001) De forma general es una medida de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua que, para efectos del presente proyecto, permiten sostener y mantener los procesos bioquímicos necesarios para la vida acuática (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático, 2011).

Existen varios parámetros que ayudan a caracterizar la calidad del agua y determinar posibles impactos en el sistema hídrico; sin embargo, en este caso solo se describirán aquellos que fueron utilizados.

2.2.1 PARÁMETROS FÍSICOS

Son aquellos que responden a los sentidos de la vista, el olfato y el tacto y tienen incidencia directa sobre condiciones estéticas y aceptabilidad del agua. (Barrenechea, 2001), en este grupo constan: temperatura, sólidos, conductividad y resistividad.

2.2.1.1 Temperatura

“Es uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, modifica la solubilidad de las sustancias, influye en el retardo o aceleración de la actividad

biológica, la absorción de oxígeno, la precipitación de compuestos, la formación de depósitos entre otros” (Barrenechea, 2001).

2.2.1.2 Sólidos Totales

Es la suma de sólidos suspendidos y sólidos disueltos en el agua.

Sólidos suspendidos

Son aquellos compuestos por “partículas superiores a un micrómetro y que son retenidos mediante una filtración en el análisis de laboratorio” (Barrenechea, 2001).

Sólidos disueltos

Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua o también conocida como salinidad (Bonsai Menorca, 2016). Son partículas que no pueden ser filtradas y su tamaño es menos a un micrómetro (Barrenechea, 2001).

Sólidos fijos

Son el resultado del proceso de combustión a una temperatura de 550° C, durante 20 minutos (Bonsai Menorca, 2016).

Sólidos volátiles

Es la cantidad de materia que se volatiliza después del proceso de combustión a 550° C por 20 minutos, por lo general es la materia orgánica transformada a CO₂ y H₂O (Barrenechea, 2001).

2.2.1.3 Conductividad y Resistividad

Son parámetros que miden la capacidad de conducir corriente eléctrica o no, indican la presencia de materia ionizable en el agua, dado que un agua pura prácticamente no conduce electricidad (Bonsai Menorca, 2016).

2.2.2 PARÁMETROS QUÍMICOS

2.2.2.1 pH

O potencial hidrógeno, está definido como la medida de la concentración de iones de hidrógeno y permite determinar la acidez o alcalinidad del agua (Bonsai Menorca, 2016).

2.2.2.2 Oxígeno Disuelto

Es la cantidad de oxígeno disuelto que está presente en el agua. Es una medida que determina cuan contaminada está el agua y/o si es capaz de dar soporte a la vida animal y vegetal (Gobierno de Navarra, 2010).

2.2.2.3 Demanda Química de Oxígeno

Es el equivalente de la cantidad de oxígeno consumido por los cuerpos reductores presentes en un agua sin la intervención de los organismos vivos (Bonsai Menorca, 2016).

2.2.2.4 Demanda Bioquímica de Oxígeno

Corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores” (Barrenechea, 2001).

2.2.2.5 Nutrientes

El nitrógeno y el fósforo constituyen dos nutrientes fundamentales para la vida de los organismos, sin embargo el alto contenido de estos puede traducirse en la eutrofización del sistema hídrico. “Las formas de nutrientes más significativas para alterar la composición y cantidad de organismos en la base de la red alimentaria

son los compuestos nitrogenados y fosfatados como: el Amoniaco, Nitrito (NO_2^-); Nitrato (NO_3^-); y el Fosfato (PO_4^-)” (Calzada & Rodríguez, 2003).

Fosfatos

La concentración de fosfatos en un agua natural es fundamental para evaluar el riesgo de eutrofización puesto que su presencia está asociada con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos. Por otra parte también es un indicativo de acumulación de sedimentos (Barrenechea, 2001).

Nitratos

Son consecuencia de una nitrificación del nitrógeno orgánico o proceden de la disolución de los terrenos atravesados por el agua, igualmente provienen de contaminación orgánica o de la contaminación por abonos químicos de actividades humanas (Gobierno de Navarra, 2010).

Nitrógeno amoniacal

Formado de amoniaco no ionizado (NH_3) e ión amoníaco (NH_4^+), indica una degradación parcial de la materia orgánica y puede ser tomado como un preocupante puesto que es potencialmente tóxico para organismos acuáticos (Boyd, 2001).

2.2.3 INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DEL AGUA

Son los organismos que muestran cualitativamente un panorama general del medio acuático donde se encuentran, por el hecho de tener desarrollo en dicho espacio (Hellawell, 1986).

La presencia y abundancia de un determinado indicador señala el estado del sistema en el cual habita.

Un indicador biológico se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas, y su población es en porcentaje superior con respecto a la de los demás organismos (Roldán, 1999).

2.2.3.1 Macro invertebrados

Son animales que en sus últimos estados larvarios alcanzan un tamaño igual o mayor a 1mm. Su hábitat puede ser cualquier tipo de sustrato como: grava, piedra, arena, fango, detritus, plantas vasculares, algas filamentosas, troncos, entre otros (Rieradevall, 2013) .

Dado que son comunidades diversas, sensibles, sedentarias y con un ciclo de vida prolongado, los hace indicadores ideales para medir condiciones ambientales, además de involucrar menor costo en su recolección.

Estructura Taxonómica de macroinvertebrados

Filo Artrópodo

Constituye el grupo de taxones más numerosos dentro de los macro invertebrados bentónicos, se caracterizan por tener cuerpo y apéndices articulados. Aquí se encuentran el subfilo crustáceo y la clase Insecta.

Subfilo crustáceo

Dentro de los ambientes dulceacuícolas se encuentran tres grandes grupos que son: isópodos, anfípodos y decápodos cuyo ejemplo más representativo es la gambita de río.

Clase Insecta

Constituye el grupo más numeroso dentro de los macro invertebrados bentónicos, aquí se encuentran distintos órdenes con grupos parcial o totalmente acuáticos. Para efecto del presente estudio se detallara únicamente aquellos órdenes que

fueron considerados para la determinación de la calidad del agua (Duran & Pardos, 2009).

- **Díptera**

Es el orden de insectos más complejo, abundante y ampliamente distribuido por el mundo. Su hábitat es muy variado, encontrándose en ríos, arroyos, quebradas, lagos entre otros. Se caracterizan por tener cuerpos segmentados cubierto de cerdas, espinosas apicales o corona de ganchos que ayudan a su locomoción o adhesión al sustrato. Las principales familias son: Simuliidae (aguas limpias) y Tipulidae y chironomidae (aguas contaminadas).

- **Trichoptera**

Se caracterizan por hacer casa o refugios que construyen en un estado larva que les sirven como medio de protección y captura de alimento. La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas debajo de piedras, troncos y material vegetal y son indicadores de aguas oligotróficas.

- **Ephemeroptera**

Los ephemerópteros reciben este nombre debido a su vida corta o "efímera" que llevan como adultos. Viven por lo regular en agua corrientes, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación considerándose indicadores de buena calidad del agua" (Rengifo, 2003).

Anélido

Son animales en forma de gusanos, alargados y con segmentación bien desarrollada. Se distinguen tres grandes clases que son: poliquetos, hirudíneos y oligoquetos, siendo esta última abundante en aguas ricas en materia orgánica y muy sensible a la contaminación química (Duran & Pardos, 2009).

Haplotaxida

“Pertenece a los oligoquetos acuáticos. La mayoría de los organismos de éste orden viven en aguas eutroficadas, sobre fondo fangoso y con abundante cantidad de detritus. Las familias más representativas de éste orden son Tubificidae y Naididae” (Cortolima, 2000).

Platelminto

Es un filo que agrupa a organismos conocidos como gusanos o planarias y se caracterizan por carecer de cavidad del cuerpo, ano o sistema circulatorio.

Dentro de ecosistemas acuáticos el grupo más representativo lo constituyen los turbelarios que generalmente habitan en la parte inferior de piedras o sumergidos debido a que huyen de la luz (Duran & Pardos, 2009).

2.2.3.2 Componentes del hábitat físico

Son elementos que permiten el funcionamiento de un ecosistema acuático, y que en conjunto con el tipo de sustrato y el caudal determinan la presencia de elementos como el oxígeno disuelto, la temperatura del agua, los nutrientes y minerales. así Estos son la velocidad y la profundidad del lecho. Definen el tipo de comunidad de invertebrados acuáticos que habitan en estas condiciones. (Secretaría General de la Comunidad Andina, 2011).

2.2.3.3 Geomorfología

Es la forma terrestre que se origina del balance dinámico entre procesos constructivos y destructivos como erosión, transporte, sedimentación. Se pueden presentar varios cuadros o escenarios geomorfológicos dependiendo de la ubicación territorial dentro del globo terráqueo. Unidades geomorfológicas se consideran a los valles, y también a las quebradas (Escobar, 2003).

2.3 CONCEPTOS ESTADÍSTICOS

2.3.1 CORRELACIÓN

Es un concepto que expresa la dependencia que existe entre dos o más variables dentro de una distribución binomial, implicando que el cambio en una variable influirá en el cambio de las demás (Ditutor, 2015).

2.3.2 COVARIANZA

Indica el grado de variación conjunta de dos variables aleatorias y puede determinar si existe una dependencia entre ambas variables (Ditutor, 2015).

2.3.3 ACP

Es el análisis de componentes principales, es una técnica estadística de síntesis de información o reducción del número de variables. El objetivo de esta técnica es que ante una situación con muchas variables se reduzca las mismas evitando perder la mayor cantidad de información posible, como resultado se obtendrá nuevos componentes combinados linealmente con las variables originales e independientes entre sí (Terrádez, 2001).

2.3.4 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

También denominadas medidas de localización, permiten encontrar de un conjunto de observaciones, el valor en torno al cual se agrupan la mayoría de ellas o el centro de las mismas.

2.3.4.1 Mediana

Es el valor que se encuentra en el punto medio cuando se ordenan los datos de forma ascendente, tiene la propiedad de que a cada lado se encuentra el 50% de las observaciones o datos.

2.3.4.2 Promedio

Es la medida muestral o aritmética, y de un conjunto de datos es igual a la suma de sus valores dividido entre el número de datos existente. Representa el centro de gravedad de toda la distribución, con el inconveniente de que puede verse afectado por la presencia de valores atípicos.

2.3.4.3 Cuartiles

Son valores que dividen a la distribución de datos en cuatro partes, englobando cada una éstas el 25% de los datos.

2.3.5 MEDIDAS DE DISPERSIÓN

Del conjunto de observaciones y después de haber localizado la medida central, las medidas de dispersión ayudan a calcular cuan alejadas se encuentran los datos del centro.

2.3.5.1 Valor mínimo y máximo

Corresponder al valor más pequeño y el valor mayor de una serie de datos, respectivamente.

2.3.5.2 Varianza

La varianza se define como la media aritmética de las diferencias entre cada uno de los datos y el valor central. Permite conocer cuan alejados están el conjunto de observaciones de la media. (Ditutor, 2015)

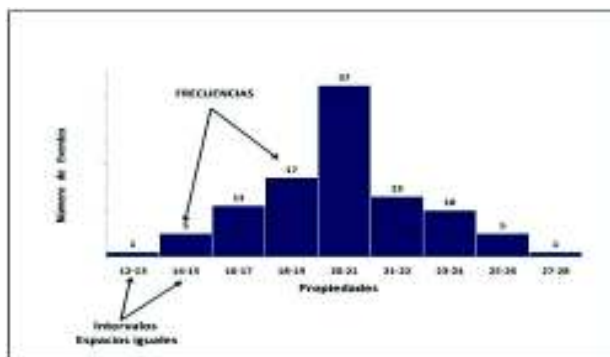
2.3.6 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE DATOS

Es una forma de conocer el comportamiento de un conjunto de datos, permitiendo dar una descripción rápida y fácil de entender (Galindo, 2015).

2.3.6.1 Histograma

Es un conjunto de rectángulos donde cada uno de ellos representa un intervalo de agrupación, su base es igual al intervalo de clase empleado en la distribución de frecuencias y su altura es proporcional a la frecuencia absoluta de la clase (Galindo, 2015). La figura 2.1 muestra un histograma de frecuencias.

FIGURA 2.1 CONSTRUCCIÓN DE UN HISTOGRAMA DE FRECUENCIAS

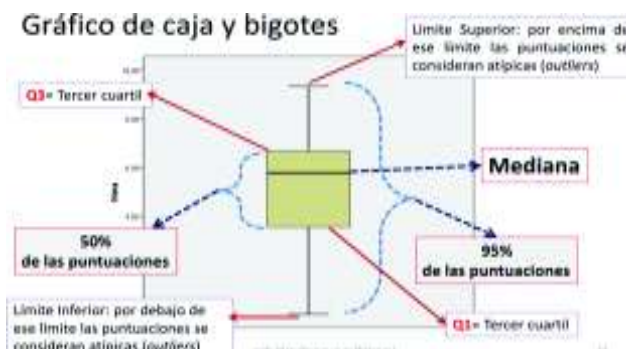


Fuente: Ministerio de la Protección Social, República de Colombia, 2006

2.3.6.2 Boxplot

El Boxplot o diagrama de caja es una herramienta que muestra en el mismo gráfico la forma de los datos, su valor central y su variabilidad al representar la media, los cuartiles, rango intercuartil y rango de observaciones. Su representación se observa en la figura 2.2.

FIGURA 2.2 ELEMENTOS IMPORTANTES DEL BOXPLOT



Fuente: friasnav.com

2.3.7 PRUEBA DE NORMALIDAD

Es una prueba que indica si se acepta o no la hipótesis de que los datos obtenidos provienen de una población cuya distribución es normal. Existen pruebas numéricas y gráficas, dentro de estas últimas las más utilizadas son: histogramas, gráfico Q-Q, y gráfico de cajas (Universidad de Alicante, 2015).

2.3.8 PRUEBA ANOVA

Análisis de varianza ANOVA es una técnica estadística paramétrica que maneja simultáneamente más de dos variables. Para ser aplicada, la variable numérica debe reunir cumplir los siguientes requisitos:

- La variable estudiada sigue una distribución normal
- La varianza de una variable no dependa del nivel de otra variable
- Las variables deben medirse en una escala métrica
- Y deben ser independientes.

La prueba de ANOVA I es utilizada para conocer el modo en que el valor medio de una variable es afectado por diferentes tipos de clasificaciones de los datos.

Aquí se analiza una variable independiente métrica (numérica) a partir de la influencia de un factor, mismo que es una variable categórica nominal, es decir una variable que es de carácter cualitativo con un código asignado.

Por otra parte la prueba ANOVA II implica el análisis del efecto de dos factores o variables nominales sobre una variable métrica (Arriaza, 2005).

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA

3.1 ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 INFORMACION DEL AREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la Reserva Ecológica Antisana, localizada en la vertiente oriental de la Cordillera Real de los Andes, a 50 km al sureste de la ciudad de Quito. Es parte de la Unidad Hidrográfica Jatunhuayco (UHJ), dentro del ecosistema de páramo de la Zona de Conservación Antisana (ZCA) (FONAG, 2013). La tabla 3.1 muestra la ubicación de la zona de estudio dentro de la división geográfica del Ecuador. En la figura 3.1 se observa la ubicación de la zona de estudio con respecto a lugares de referencia.

TABLA 3.1 UBICACIÓN DEL SITIO DE ESTUDIO

Provincia	Napo
Cantón	Archidona
Parroquia	Archidona
Lugar	Alrededor de la Captación del Río Jatunhuayco

Elaborado por: López J.

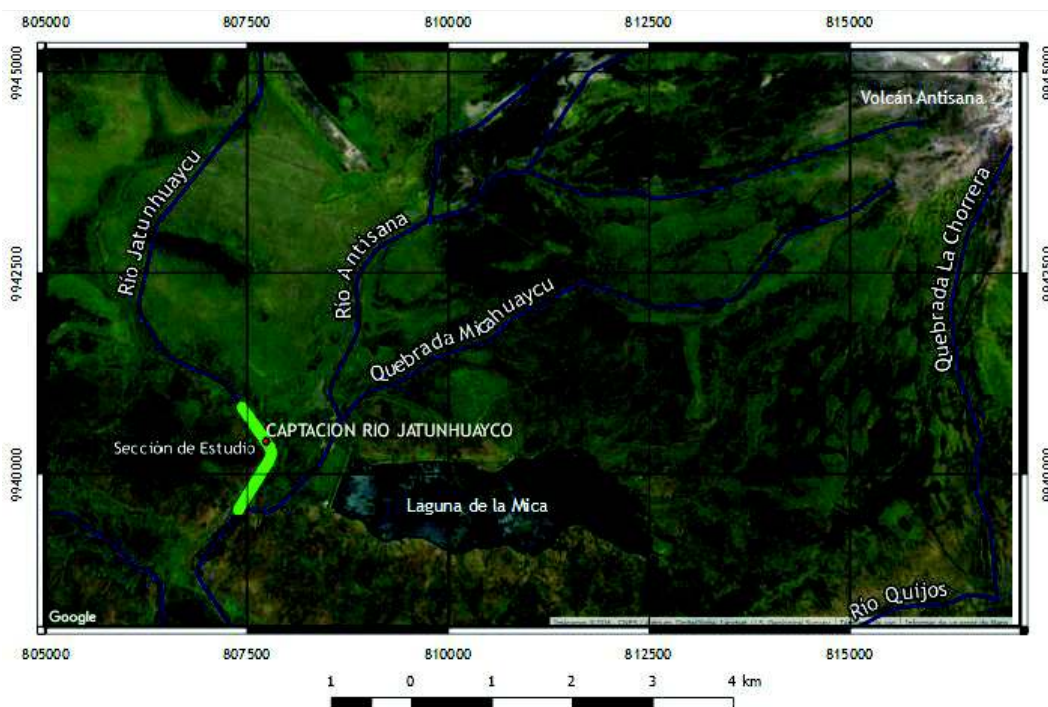
Los sitios de muestreo, se ubican en la cuenca que drena al sistema de abastecimiento o suministro de agua potable para Quito que maneja la Empresa Pública Metropolitana de Agua y Saneamiento (EPMAPS), 500 m. arriba y 500 m. abajo de la captación del Río Jatunhuayco. En la tabla 3.2 se detallan las coordenadas de la captación mencionada.

TABLA 3.2 COORDENADAS DE LA CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO

Longitud X	807725
Latitud Y	9940400
Altura	3922

Elaborado por: López J.

FIGURA 3.1 UBICACIÓN RÍO JATUNHUAYCO Y SU CAPTACIÓN



Elaborado por: López J.

Fuente: Google Earth

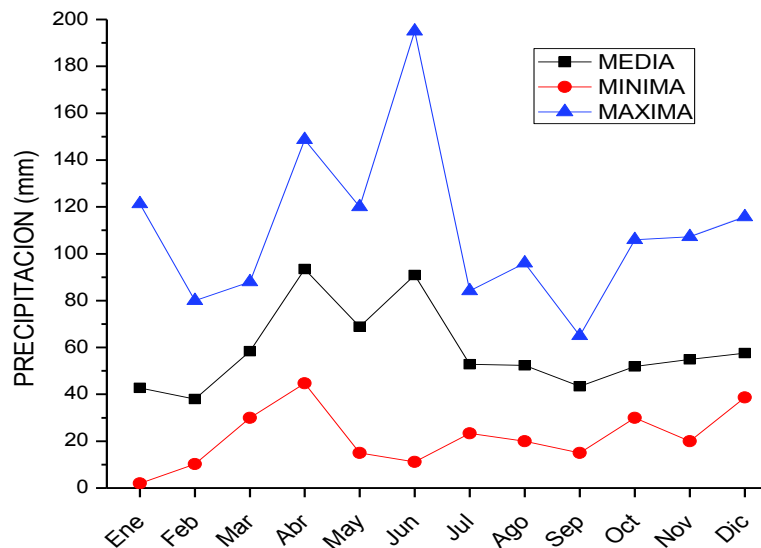
Se detalla el mapa de la sección de estudio del río Jatunhuayco, con referencia a sitios de ubicación como la laguna de la Mica y el volcán Antisana.

3.1.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

El clima que predomina en el área de estudio es el tipo húmedo y muy húmedo, caracterizado por una alta humedad relativa con variaciones apreciables en el transcurso del día y una variación poco significativa de la humedad relativa media mensual a lo largo del año. La temperatura media fluctúa alrededor de los 8°C; las temperaturas en pocas ocasiones sobrepasan los 20°C y las mínimas alcanzan generalmente valores de 0°C. Los totales de lluvia anual son irregulares, oscilan alrededor de los 1600 mm. Las precipitaciones son generalmente de larga duración con débiles intensidades, y la humedad relativa es casi siempre superior a 90 % (Fondo Antisana, 2005). El detalle general de descripción de precipitación se puede observar en el gráfico 3.1; donde se observa que el período de mayor

precipitación es en los meses de verano. En el mes de enero se da mayor cantidad de eventos secos o sin precipitación. Varias etapas de transición se observan en el contexto de análisis meteorológico.

GRÁFICO 3.1 VALORES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (MM) EN LA ESTACIÓN LA MICA (PERÍODO 1995 – 2007)



Fuente: Pazmiño, 2010

Elaborado por: Soria I.

La expresión topográfica y la forma de relieve son producto de la dinámica de formación de la Cordillera de los Andes expresado en su vulcanismo, derivando en diversidad de condiciones morfoclimáticas con variedad de sustratos rocosos (Fondo Antisana, 2005).

Las formaciones vegetales presentes en el área son 10: bosque siempreverde pie montano, bosque siempreverde montano bajo, bosque de neblina montano, bosque siempre verde montano alto, páramo herbáceo, páramo de almohadillas, páramo pantanoso, páramo de pajonal, gelidofita y herbazal lacustre montano, ubicándose en los rangos altitudinales de 1200 a 3100 m.s.n.m. (zona baja) y 3100 a 5758 m.s.n.m. (zona alta). (ECOLAP - MAE, 2007). Se determinaron en el área de muestreo las unidades geomorfológicas: Valle Andino de Origen Glaciar y Quebrada andina con afloramiento de rocas.

3.1.3 DISEÑO DE MUESTREO

Se realizó una visita técnica de reconocimiento al sitio de estudio para determinar los puntos específicos de muestreo en base a la distancia y probabilidad de existencia de hábitats de interés.

Posteriormente se planificaron dos salidas de campo, considerando los siguientes factores:

1. La temporalidad como primer elemento de diseño del estudio, obteniendo así un lapso de aproximadamente dos meses entre cada salida.
2. Unidades geomorfológicas como segundo elemento de diseño de muestreo, sometido al factor temporal, con propiedades ecológicas diferentes. Estos escenarios se dan alrededor de la captación del Río Jatunhuayco (antes y después),

Cada escenario geomorfológico presenta características de vegetación, topografía y sustrato para macroinvertebrados distintas, las cuales se detallan en la Tabla 3.3,

TABLA 3.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL FACTOR GEOMORFOLOGÍA

Tipo de Geomorfología	Topografía	Descripción de Vegetación	Especies Representativas de Vegetación	Sustrato Probable para macroinvertebrados
Valle Andino de Origen Glaciar	Pendiente Baja	Gramíneas amacolladas, variedad de hierbas en roseta y rastreras, signos de afectación por quemas y ganadería	<i>Lachemilla orbiculata</i> , <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Azorella pedunculata</i>	Arena, Cantos Rodados, Macrófitas
Quebrada Andina con afloramiento de Rocas	Pendiente Moderada	Remanente de pajonal arbustivo altimontano con arbustales bajos, matorrales aislados y herbáceas	<i>Chuquiraga jussieui</i> , <i>Diplostephium ericoides</i> , <i>Monticalia arbutifolia</i> , <i>Pentacalia peruviana</i>	Piedras de Diámetro mayor a 10 cm, remolinos de velocidad.

Fuente: FONAG, 2014

Elaborado por: López J.

Las fotografías 3.1 y 3.2 así como las fotografías 1, 7, 11, 13, 17, 19, 20 y 23 del Anexo 14 exponen visualmente los cuadros geomorfológicos de estudio.

FOTOGRAFÍA 3.1 VALLE ANDINO DE ORIGEN GLACIAR



Elaborador por: López J.

FOTOGRAFÍA 3.2 QUEBRADA ANDINA CON AFLORAMIENTO DE ROCAS



Elaborador por: López J.

En la figura 3.2 se observa el mapa de las unidades geomorfológicas con respecto al río Jatunhuayco. Con los escenarios ya especificados y la

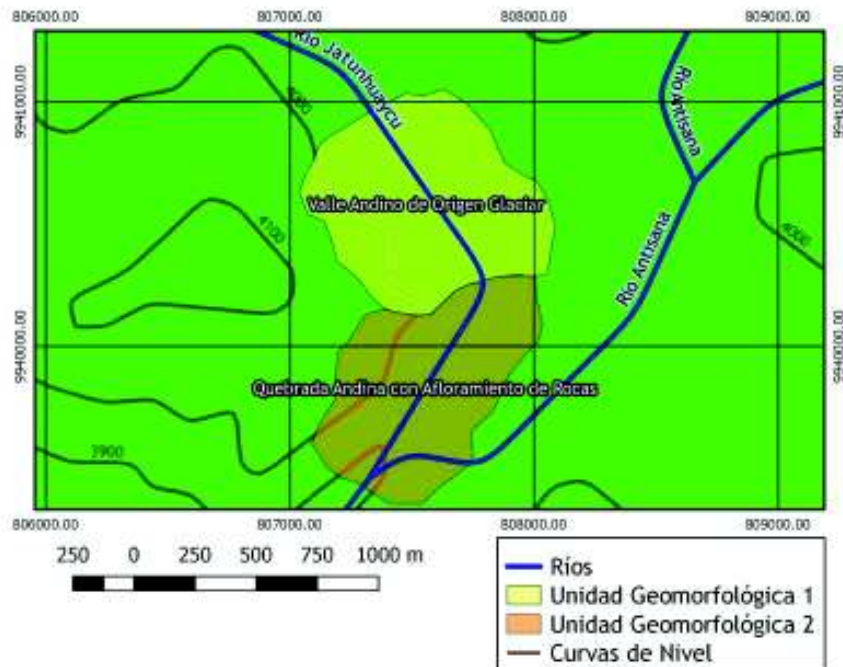
temporalidad como factor principal de diseño, se plantearon cuatro condiciones para la realización del muestreo, las cuales se detallan en la Tabla 3.4.

TABLA 3.4 CONDICIONES DE DISEÑO DE MUESTREO

Factores de Diseño	Factor 1	Factor 2
Condición	Temporalidad	Geomorfología
1	Temporalidad 1	Valle Andino de Origen Glaciar
2		Quebrada Andina con afloramiento de Rocas
3	Temporalidad 2	Valle Andino de Origen Glaciar
4		Quebrada Andina con afloramiento de Rocas

Elaborado por: López J.

FIGURA 3.2 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA SECCIÓN DE ESTUDIO



Elaborado por: López J.

Una vez elaboradas las condiciones para el estudio, se determinó realizar 18 unidades de muestreo (réplicas) en cada condición, con la codificación observada en la tabla 3.5. La codificación mencionada ayudó para el análisis de muestras y su posterior procesamiento estadístico.

TABLA 3.5 CODIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO

PUNTOS	CONDICION
A1 - A18	1
A19 - A36	2
B1 - B18	3
B19 - B36	4

Elaborado por: López J.

Se tomó la ubicación de cuatro sitios de referencia dentro de las unidades geomorfológicas como estaciones de muestreo (dos en la primera unidad geomorfológica y dos en la segunda). Las coordenadas de cada punto de referencia se detallan en la tabla 3.6.

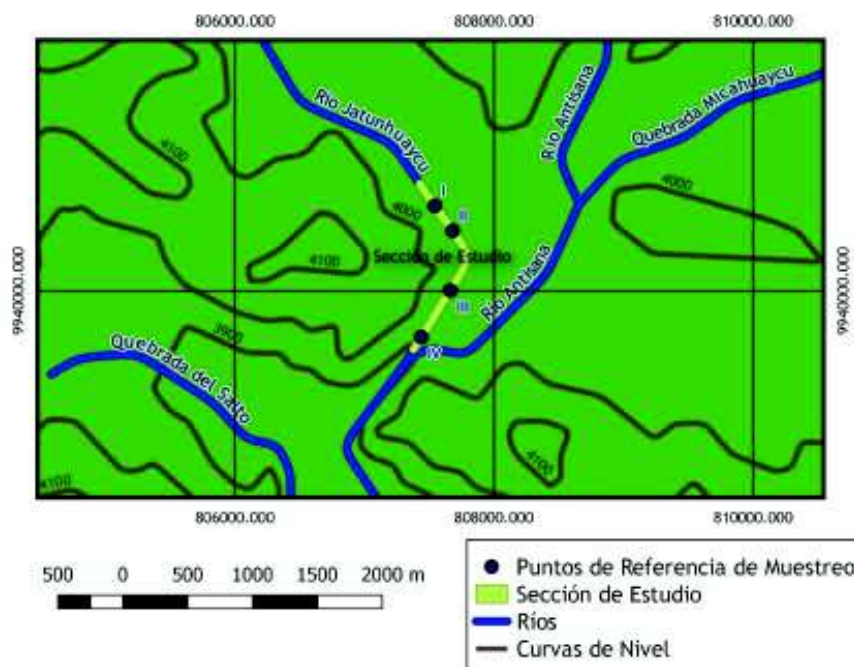
TABLA 3.6 PUNTOS DE REFERENCIA PARA MUESTREO

Punto	Longitud X	Latitud Y	Zona	Altura	Descripción del Punto
I	807544	9940656	N	3935	Antes de captación Jatunhuayco (tramo sin alta turbulencia)
II	807681	9940464	N	3934	Antes de captación Jatunhuayco (tramo con gran cantidad de rocas)
III	807663	9940005	N	3919	Después captación Jatunhuayco (acceso con pendiente pronunciada)
IV	807439	9939645	SO	3902	Después captación Jatunhuayco (después de puente)

Elaborado por: López J.

En la figura 3.3 se detalla el mapa de la ubicación de los puntos de referencia para el desarrollo del muestreo en la sección de estudio. Estos puntos fueron seleccionados por su fácil accesibilidad, y por contener detalles de fácil reconocimiento a la vista de las personas que realizamos las campañas de muestreo. Cabe mencionar que alrededor de estas estaciones de referencia se desarrollaron los puntos descritos en la tabla 3.5, no significando necesariamente que las 18 unidades de muestreo contengan la misma ubicación geográfica.

FIGURA 3.3 PUNTOS DE REFERENCIA PARA MUESTREO EN SECCIÓN DE ESTUDIO



Elaborado por: López J.

3.2 TRABAJO EN CAMPO

El trabajo en campo se realizó en dos períodos climatológicos. El primero, los días 19,20 y 21 de octubre y el segundo, los días 3, 4,5 y 6 de enero. Dentro de esta fase se tomó los datos: 1. biológico y, 2. físico-químico en cada punto específico mencionado (TABLA 3.3). Se detalla aspectos importantes de cada periodo de muestreo en el factor de Temporalidad (TABLA 3.7).

TABLA 3.7 FACTOR TEMPORALIDAD Y SU DESCRIPCIÓN

	Fecha	Temperatura Ambiente	Descripción
Temporalidad 1	19 al 21 de Octubre de 2015	15	Poca presencia de lluvias
Temporalidad 2	3 al 6 de Enero de 2016	18	Considerable presencia de precipitaciones

Elaborado por: López J.

3.2.1 MUESTREO BIOLÓGICO

El muestreo biológico contempla la colecta de macroinvertebrados. Para ello se consideraron dentro de los puntos específicos (Tabla 3.5) uno o varios hábitats acuáticos donde existía mayor probabilidad de encontrar macroinvertebrados.

Para este muestreo se ocuparon los siguientes materiales: red surber, fundas plásticas ziploc, alcohol al 95%, un recipiente plástico de 3 litros de volumen, dos tamices de abertura fino y bandejas metálicas de color blanco.

En primer lugar, se utilizó la red surber siguiendo el protocolo descrito en el Anexo 1, se puede visualizar el muestreo realizado con la red surber en la fotografía 3.3 y la fotografía 13 del anexo 14.

Después de sacar la red surber del agua con los organismos y restos de sustrato, se procedió a realizar un lavado de muestra en campo para la selección de muestra útil.

FOTOGRAFÍA 3.3 MUESTREO BIOLÓGICO CON RED SURBER



Elaborado por: López J.

Dicho lavado consiste en obtener una muestra con la menor cantidad posible de sustrato innecesario para el análisis posterior.

Se siguieron los siguientes pasos dentro del lavado para la obtención de la muestra útil:

1. Se trasvasó el material colectado por la red surber al recipiente plástico con agua de río.
2. El agua con material se filtró con la ayuda de los tamices.
3. Del tamiz se retiraron materiales como sedimentos y macrófitas de gran tamaño.
4. Este procedimiento se lo repite varias veces hasta que ya no quede material dentro del recipiente plástico (es necesario observar en la bandeja metálica si no queda algún individuo presente para recolectarlo).
5. Finalmente, se coloca la muestra útil que queda en el tamiz, en la funda ziploc con alcohol al 95% para su posterior análisis. El alcohol al 95% es necesario para preservar las muestras.

Se pueden observar detalles del proceso de lavado en la fotografía 3.4, 3,5 y en las fotografías 2,3 y 6 del Anexo 14.

FOTOGRAFÍA 3.4 LAVADO PARA OBTENER MUESTRA BIOLÓGICA ÚTIL



Elaborado por: López J.

Es necesario recalcar que antes de pasar el agua por el tamiz, fue necesario agitarla manualmente de manera circular, con el objetivo de generar una fuerza centrífuga que permita desprender los organismos del sustrato.

FOTOGRAFÍA 3.5 TRANSFERENCIA DE LA MUESTRA A FUNDA ZIPPLOC



Elaborado por: López J.

3.2.2 MUESTREO FÍSICO-QUÍMICO

Este muestreo consiste en la toma de muestras del cuerpo de agua y la medición de parámetros físico-químicos in situ. Los puntos muestreados son los mismos puntos donde se realizó el muestreo biológico (Tabla 3.5).

Para este tipo de muestreo se requirieron: recipientes plásticos de 800ml, frascos winkler, medidor de oxígeno disuelto con sonda de conductividad marca OAKTON modelo 650, micro molinete OTT modelo C2'10.150' y pH-metro marca Accumet.

Se midieron los parámetros de oxígeno disuelto, % de saturación de oxígeno, conductividad, resistividad, temperatura, TDS y NaCl con el medidor de oxígeno disuelto con sonda de conductividad previamente calibrado en laboratorio y en campo. Después se midió el pH con la ayuda del pH-metro previamente calibrado con las soluciones de pH 3, de 7 y de 10 en campo.

Para los parámetros como sólidos, nutrientes y DQO, se tomaron muestras de agua con los recipientes plásticos de 1000 ml, para ser analizados en laboratorio. Para el análisis de DBO_5 en laboratorio, se colectó la muestra de agua en frascos Winkler. El resumen de los parámetros y su clase de muestreo se detallan en la Tabla 3.8.

TABLA 3.8 PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICO (MEDICIÓN Y MUESTREO EN CAMPO)

Medición In Situ	Muestreo
p H	Fosfatos
Oxígeno Disuelto	Nitratos
% Saturación de Oxígeno	Nitrógeno Amoniacal
Conductividad	Sólidos totales, disueltos, suspendidos, volátiles y fijos
Resistividad	DQO
TDS	DBO ₅
NaCl	

Elaborado por: López J.

Las fotografías 3.6 y las fotografías 5, 7, 8 y 17 del anexo 14 exponen la forma de muestreo realizado en campo en el cuerpo de agua. Para entrar al cuerpo de agua se utilizó un wader.

FOTOGRAFÍA 3.6 MEDICIÓN DE OXÍGENO DISUELTO EN CAMPO



Elaborado por: López J.

Todas las muestras colectadas fueron transportadas al Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental de la FICA-EPN, en coolers con hielo para su posterior análisis, tomando en cuenta su preservación y tiempo de duración de muestra (Tabla 3.9).

TABLA 3.9 ASPECTOS IMPORTANTES DE TOMA DE MUESTRAS Y PRESERVACIÓN

Parámetro	Cantidad Referencial de muestra (ml.)	Preservación	Tiempo de duración de la muestra
Fosfatos	100	Frío $\leq 6^{\circ}\text{C}$	48 horas
Nitratos	100	Frío $\leq 6^{\circ}\text{C}$	48 horas
Nitrógeno Amoniacal	400	H ₂ SO ₄ para pH 2, Frío $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
Sólidos	200	Frío $\leq 6^{\circ}\text{C}$	14 días
DQO	200	H ₂ SO ₄ para pH 2, Frío $\leq 6^{\circ}\text{C}$	7 días
DBO ₅	1000	Frío $\leq 6^{\circ}\text{C}$	24 horas

Fuente: Keith, 1996

Elaborado por: López J.

Por otro lado, para el parámetro de velocidad se utilizó el micromolinete (Fotografía 3.7 y fotografías 4 y 18 del anexo 14) con la hélice N°5, código 249845, a una sola proporción de altura, es decir 0,6 h. Esto debido a que ningún calado pasaba de los 75 cm. Se realizaron tres repeticiones.

FOTOGRAFÍA 3.7 MEDICIÓN DE VELOCIDAD CON MICROMOLINETE



Elaborado por: López J.

Se registraron las mediciones en revoluciones observadas en el contador electrónico del micromolinetete en un período de 30 segundos; para después ser transformadas a velocidad con las ecuaciones respectivas de la hélice utilizada. Para el registro de profundidad se utilizó la vara metálica que compone el molinete, con medidas y observando el valor del calado.

3.3 TRABAJO DE LABORATORIO

El trabajo de laboratorio se llevó a cabo en los meses de octubre del 2015 a marzo del 2016, en el Laboratorio Docente de Ingeniería Ambiental y en el Centro de Investigaciones y Control Ambiental (CICAM) de la Escuela Politécnica Nacional.

3.3.1 ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE LAS MUESTRAS

Se procedió al análisis de las muestras el día siguiente de haber sido colectadas en el último día de muestreo tomando en cuenta su tiempo de duración (TABLA 3.9), en el orden que se ve a continuación.

3.3.1.1 DQO y DBO

Para el análisis de la DQO se realizó el procedimiento HACH (Anexo 2) con los viales de rango bajo, debido a que las muestras proceden de cuerpos de agua clara (sin contaminación), utilizando el digestor HACH y el espectrofotómetro. Posteriormente con el valor obtenido de DQO se aplicó el procedimiento de determinación de DBO_5 avalado por el CICAM, especificado en el Anexo 3.

3.3.1.2 Nutrientes

Se analizaron los parámetros de fosfatos, nitratos y nitrógeno amoniacal siguiendo los procedimientos del manual de operaciones HACH especificados en los Anexos 4, 5 y 6; y con la ayuda del espectrofotómetro (Fotografía 3.8; 31 y 24 del anexo 14). Los reactivos consumidos en los diferentes ensayos, fueron

utilizados según el rango aproximado de detección, siendo en la mayoría el rango se especifica en los anexos mencionados.

FOTOGRAFÍA 3.8 DETERMINACIÓN DE NITRÓGENO AMONICAL



Elaborado por: López J.

3.3.1.3 SÓLIDOS

Este procedimiento físico se lo realizó en las instalaciones del CICAM, utilizando dos estufas, una mufla, desecadores y balanzas con certificación de calibración, siguiendo el procedimiento especificado en el Anexo 7.

En las fotografías 3.9 y en las fotografías 27, 28, 29 y 30 se evidencia el trabajo de laboratorio realizado para la obtención de sólidos utilizando los equipos ya mencionados.

FOTOGRAFÍA 3.9 USO DE MUFLA Y DESECADORES EN ENSAYO DE SÓLIDOS



Elaborado por: López J.

3.3.2 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS

3.3.2.1 Separación de macroinvertebrados

Este paso consiste en la selección de individuos de la muestra, apartando restos de hojas o sustrato que se hayan incluido en la muestra preservada en alcohol. Para este paso, fue necesario contar con la bandeja metálica blanca y una lámpara con luz apropiada (Fotografía 3.10); para distinguir los organismos del resto de la muestra como se observa en la fotografía 25 y 26 del anexo 14.

Los individuos fueron separados en viales de vidrio y preservados en alcohol para su posterior identificación.

FOTOGRAFÍA 3.10 SEPARACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS



Elaborado por: López J.

3.3.2.2 Identificación y cuantificación

Se utilizaron varias guías de identificación, de las cuales se seleccionó la Guía para el estudio de macroinvertebrados de Roldán (1988), también se contó con la colaboración del Instituto de Ciencias Biológicas de la Escuela Politécnica Nacional, que facilitó logística como estéreo microscopios, esenciales para la identificación.

Se consideró la identificación a través de: 1. morfoespecies para determinar los datos ecológicos y, 2. familia para la relación de macroinvertebrados con parámetros físico químicos de calidad del agua. Se tabularon los resultados de las muestras y, posteriormente se los almacenó en tubos Ependorf.

3.4 PROCESAMIENTO DE DATOS

Los resultados físico-químicos y biológicos fueron sistematizados, organizados y procesados para determinar la ecología del cuerpo de agua.

3.4.1 CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

3.4.1.1 Aplicación de estimadores no paramétricos

Para la determinación de los valores de los estimadores no paramétricos: CHAO, Jackknife y ACE, se utilizó el software computacional EstimateS (Colwell, 2013), se calculó el valor de estimación de biodiversidad "S", para lo cual se ordenaron cuatro tablas definidas según las condiciones propuestas en el diseño de muestreo, con el número de individuos por cada especie; se ingresaron al software mencionado las cuatro tablas en formato txt.

Para la realización de las gráficas de las curvas de acumulación de especies con estimadores no paramétricos correspondientes a cada condición, se utilizó el software SigmaPlot.

3.4.1.2 Aplicación de modelos no lineales

Con la realización de un análisis lógico - estadístico, se determinó el modelo no lineal ideal entre ecuación exponencial negativa y ecuación de Clench, para su aplicación en las condiciones del estudio. Se obtuvieron los valores y coeficientes necesarios para la construcción de los modelos (coeficientes a y b) con la ayuda del software informático STATISTICA, siguiendo el procedimiento realizado y especificado en el protocolo de Jiménez Valverde descrito en el Anexo 8.

Con los coeficientes de curva ya calculados se procedió a construir la curva de acumulación de especies, bajo el modelo no lineal de la ecuación exponencial negativa, en el programa Matlab.

3.4.2 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Se calcularon las variables estadísticas como varianza y desviación estándar conjuntamente con las medidas de tendencia central para realizar la caracterización de las variables, estas pruebas se aplicaron a los datos de los siguientes parámetros: abundancia, riqueza y S estimada. También se realizaron boxplot e histogramas de estos parámetros.

3.4.3 ANALISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

Para resumir todas las variables físico-químicas en un solo parámetro, al que en adelante se lo denominara “Componente Principal Calidad del Agua”, para compararlo directamente con las variables biológicas; se procedió a aplicar la prueba de análisis de componentes principales (ACP).

Este análisis se aplicó a las cuatro condiciones en el diseño de muestreo de forma independiente.

3.4.4 PRUEBA DE NORMALIDAD A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA

Se aplicó el Shapiro test para analizar la prueba de normalidad, que permitió conocer el tipo de distribución de los datos del “Componente Principal Calidad del Agua extraído en el paso anterior, para las cuatro condiciones propuestas.

3.4.5 CORRELACIÓN

Para analizar el grado de relación existente entre las variables biológicas y las variables físico-químicas se calculó la correlación existente entre cada una de ellas de la siguiente manera:

1. Correlación total y por temporalidad de todas las variables.
2. Correlación por condición:
 - Abundancia y Diversidad vs Variables físico-químicas
 - Componente Principal Calidad del Agua vs variables biológicas (abundancia, diversidad y S estimada)
 - Componente Principal Calidad del Agua vs familias de macroinvertebrados
 - Familias de macroinvertebrados vs Variables físico-químicas

Los análisis estadísticos 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4 y 3.4.5 fueron realizados en la interfaz gráfica de R Studio del lenguaje de programación R; la sintaxis realizada en el mencionado software se encuentra descrita y detallada en el Script (Anexo 9).

3.4.6 PRUEBA ANOVA

Habiendo identificando dos factores de diseño en el plan de muestreo (factor 1 temporalidad; factor 2 geomorfología), se planteó determinar las diferencias significativas de la frecuencia y abundancia mediante el uso del ANOVA test de dos vías, con las siguientes hipótesis planteadas:

H0: No existe diferencias significativas en la frecuencia y abundancia de las especies de macroinvertebrados considerando la temporalidad y la topografía.

H1: Existen diferencias significativas en la frecuencia y abundancia de las especies de macroinvertebrados considerando la temporalidad y la geomorfología.

Se aceptó la hipótesis mediante el resultado de la respectiva "p" estadística.

Este análisis se lo realizó en el software estadístico SPSS.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS

4.1 SISTEMATIZACIÓN DE INFORMACION DE CAMPO Y LABORATORIO

Los valores de los parámetros físico químicos medidos en campo, los resultados de las pruebas de laboratorio y, los datos del análisis de identificación de macroinvertebrados fueron sistematizados y registrados en bases de datos, éstos se pueden observar en los Anexos 10 y 11.

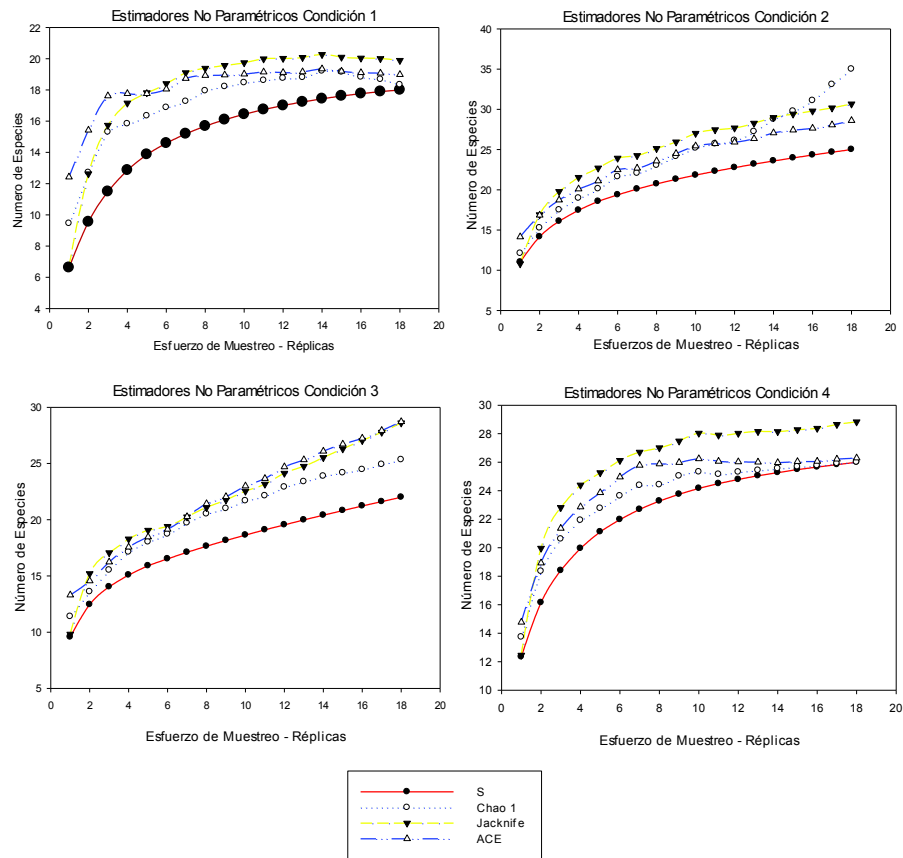
4.2 RESULTADOS DESCRIPTIVOS E INFERENCIALES

Se describen en gráficos y tablas los resultados del procesamiento estadístico habiendo utilizando distintos software. Estos resultados ayudan a entender el comportamiento de los macroinvertebrados en relación a los parámetros físico químicos para observar su sensibilidad, para ello se inicia con el análisis del componente biológico, para después intersecarlo con la parte física química.

4.2.1 CONSTRUCCIÓN DE CURVAS DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Se observa en el gráfico 4.1 la respuesta de la aplicación de los estimadores no paramétricos distribuidos de la siguiente manera: Condición 1: Chao 1 con 18,33, Jackknife con 19,89 y ACE con 18,89, Condición 2: Chao 1 con 35, Jackknife con 30,67 y ACE con 28,59, Condición 3: Chao 1 con 25,33, Jackknife con 28,61 y ACE con 28,72 y Condición 4: Chao 1 con 26, Jackknife con 28,33 y ACE con 26,29. Estos están representados en las curvas de rarefacción (GRÁFICO 4.1).

GRÁFICO 4.1 ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS EN LAS CUATRO CONDICIONES DE ANÁLISIS



Elaborado por: López J.

La tabla 4.1 resume los valores de especies calculadas en la proyección grafica con 18 réplicas. También se tabuló el valor de S estimada.

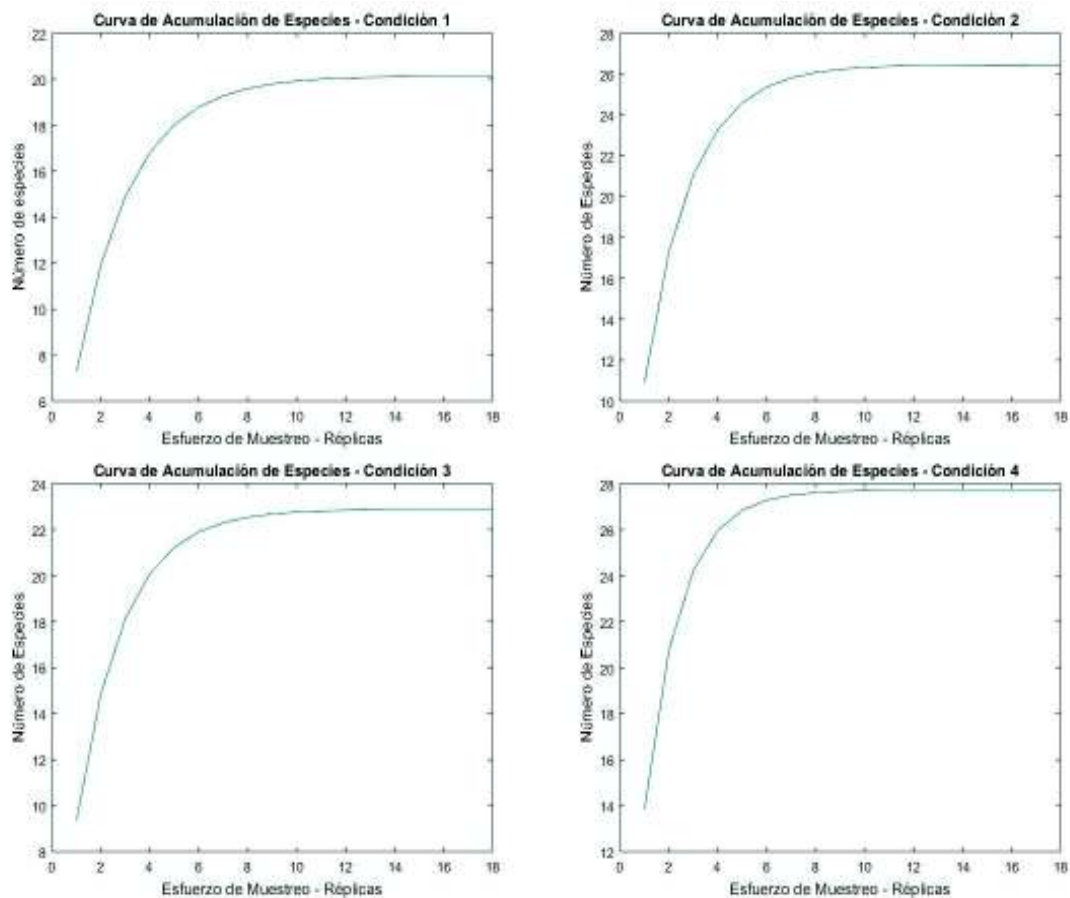
TABLA 4.1 VALORES DE ESPECIES CALCULADAS CON ESTIMADORES NO PARAMÉTRICOS

Número de Especies Calculadas				
	S(est)	Chao 1	Jackknife	ACE
Condición 1	18	18,33	19,89	18,98
Condición 2	25	35	30,67	28,59
Condición 3	22	25,33	28,61	28,72
Condición 4	26	26	28,83	26,29

Elaborado por: López J.

Entre los dos modelos no lineales utilizados, se seleccionó al que mayor ajuste tiene de R^2 , del cual el que presenta mayor valor de ajuste es modelo no lineal de la ecuación exponencial negativa. Los valores de este modelo son los siguientes: Condición 1: $a=9,0569$, $b= 0,4497$, $R^2=0,9987$, Pendiente= $0,0027$, Asíntota= $20,14169643$; Condición 2: $a=14,0604$, $b= 0,5315$, $R^2=0,964$, Pendiente= $0,00098431$, Asíntota= $26,45433$; Condición 3: $a=12,0138$, $b= 0,5249$, $R^2=0,9432$, Pendiente= $0,00094698$, Asíntota= $22,88755$ y Condición 4: $a=19,1584$, $b= 0,6911$, $R^2=0,9915$, Pendiente= $7,58949E-05$, Asíntota= $27,72359$. Las curvas de acumulación de especies con modelo no lineal se construyeron con los valores mencionados, esto se lo realizó en el software de simulación Matlab y su diagramación se la puede observar en el gráfico 4.2.

GRÁFICO 4.2 MODELO NO LINEAL ECUACIÓN EXPONENCIAL NEGATIVA EN LAS CUATRO CONDICIONES DE ANÁLISIS



Elaborado por: López J.

La tabla 4.2 presenta los valores resultados y utilizados para la construcción de curvas de acumulación de especies correspondientes al modelo no lineal de ecuación exponencial negativa.

TABLA 4.2 VALORES DE COEFICIENTES DEL MODELO EXPONENCIAL NEGATIVO DE LA CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES

Condición	A	B	n	R ²	Pendiente	Asintota
1	9,0569	0,4497	18	0,9987	0,002766057	20,14169643
2	14,0604	0,5315	18	0,964	0,00098431	26,45433043
3	12,0138	0,5249	18	0,9432	0,000946987	22,88755724
4	19,1584	0,6911	18	0,9915	7,58949E-05	27,72359222

Elaborado por: López J.

4.2.2 CARACTERIZACIÓN DE VARIABLES DE BIODIVERSIDAD

Los test estadísticos descriptivos fueron calculados con el fin de caracterizar y conocer el comportamiento de los datos de las variables de diversidad (Abundancia, Diversidad y S estimada).

4.2.2.1 Abundancia

La tabla 4.3 indica los valores estadísticos de importancia calculados en el procesamiento, pertenecientes a cada condición de análisis.

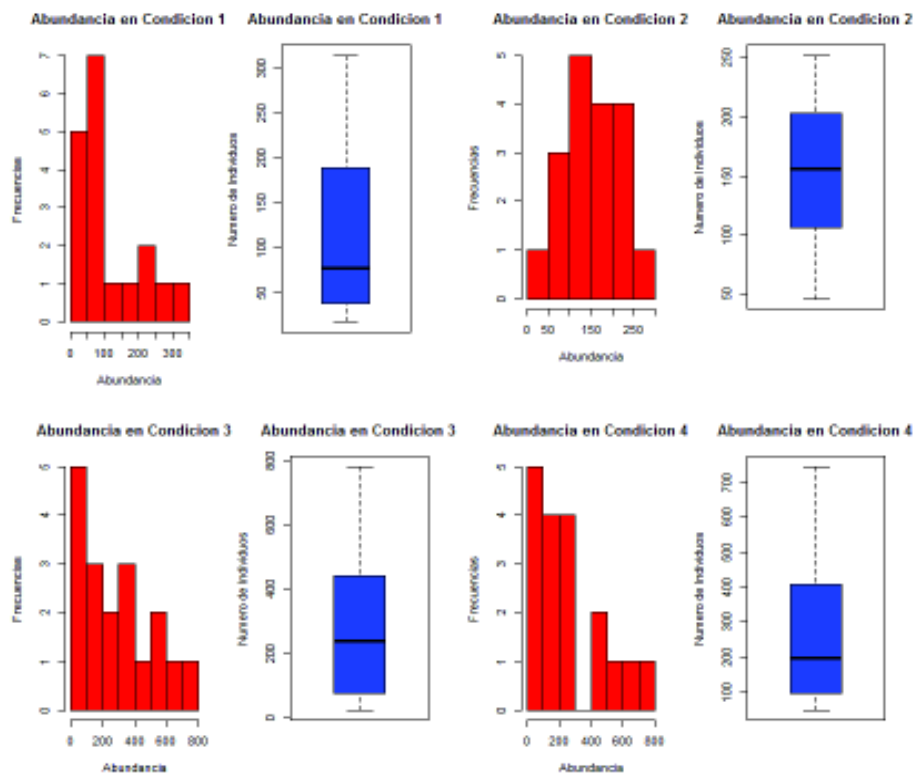
TABLA 4.3 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LA VARIABLE ABUNDANCIA

Parámetro	Abundancia			
	1	2	3	4
Sd	90,91	58,70	225,25	209,62
Var	8264,41	3444,27	50736,57	43941,78
Mínima	18	46	24	48
1er Quartil	43,50	106,50	92,75	111,50
Mediana	77	156	238	196
Promedio	111,10	153,70	283,28	267,40
3er Quartil	170	201	421,25	373,80
Máxima	314	252	780	746

Elaborado por: López J.

El gráfico 4.3 muestra la distribución de los datos de abundancia y los valores estadísticos importantes: Condición 1 mínima = 18; mediana = 77; máxima = 314; promedio = 111,10; desviación standard = 90,91; Condición 2 mínima = 46; mediana = 156; máxima = 252; promedio = 153,70; desviación standard = 58,70; Condición 3 mínima = 24; mediana = 238; máxima = 780; promedio = 283,28; desviación standard = 225,25; y Condición 4 mínima = 48; mediana = 196; máxima = 746; promedio = 267,40; desviación standard = 209,62.

GRÁFICO 4.3 ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS DE LA VARIABLE ABUNDANCIA



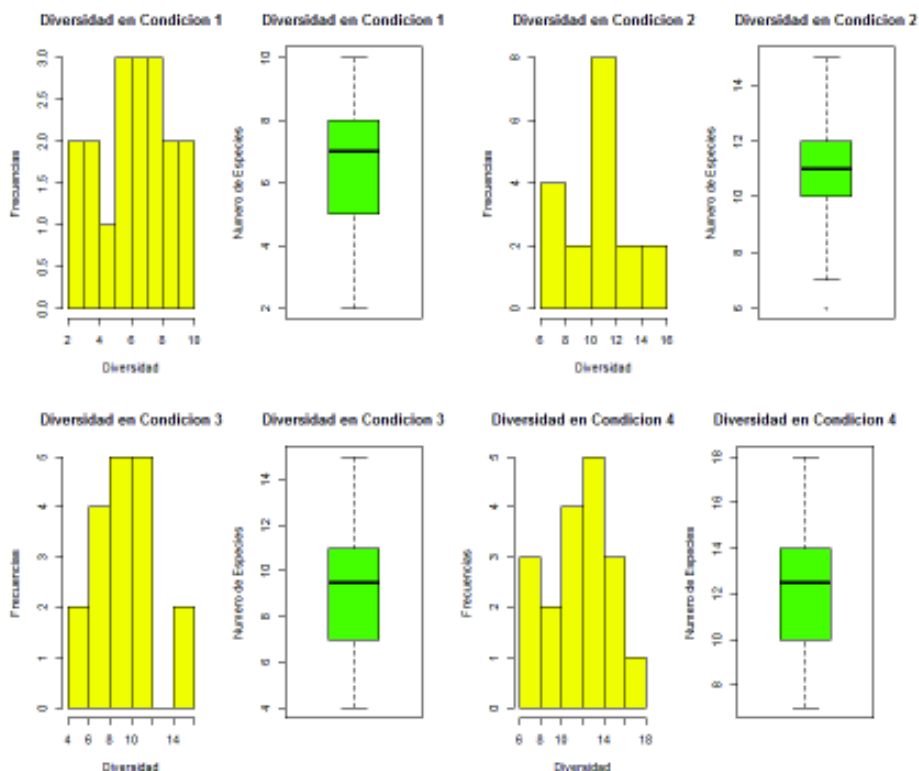
Elaborado por: López J.

4.2.2.2 Diversidad

El gráfico 4.4 muestra la distribución de los datos de diversidad y los valores estadísticos importantes: Condición 1 mínima = 2; mediana = 7; máxima = 10; promedio = 6,61; desviación standard = 2,33; Condición 2 mínima = 6; mediana = 11; máxima = 15; promedio = 11; desviación standard = 2,54; Condición 3 mínima

= 4; mediana = 9,5; máxima = 15; promedio = 9,56; desviación standard = 2,87; y Condición 4 mínima = 7; mediana = 12,50; máxima = 15; promedio = 12,33; desviación standard = 3,18.

GRÁFICO 4.4 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA VARIABLE DIVERSIDAD



Elaborado por: López J.

La tabla 4.3 indica los valores estadísticos de la variable diversidad complementaria a la variable abundancia.

TABLA 4.4 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LA VARIABLE DIVERSIDAD

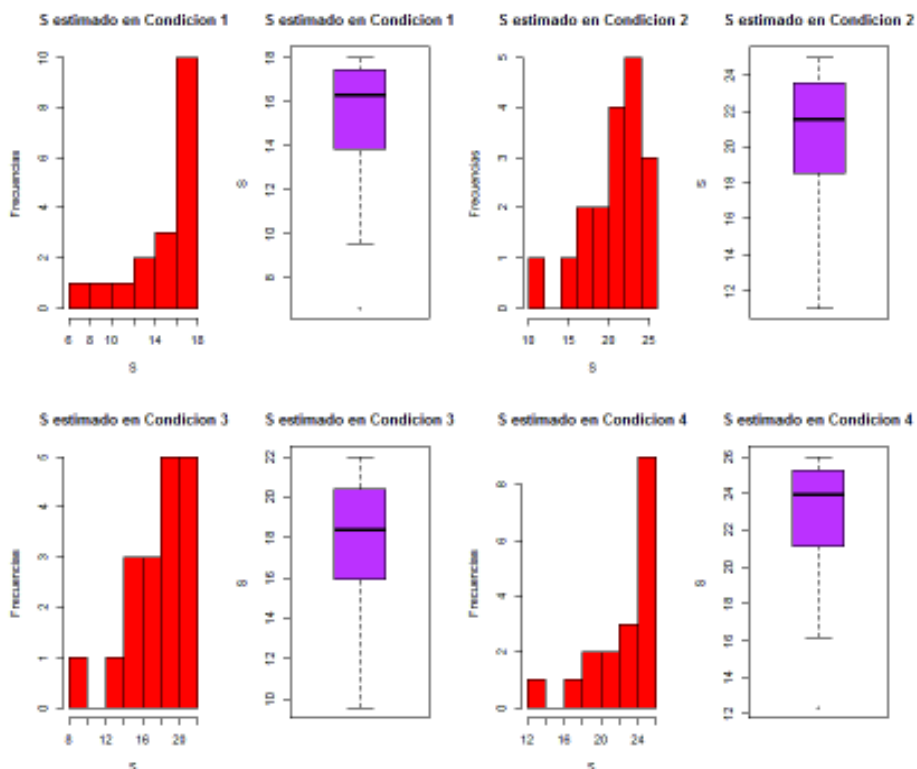
Parámetro	Diversidad			
Condición	1	2	3	4
Sd	2,33	2,54	2,87	3,18
Var	5,43	6,47	8,26	10,12
Mínima	2	6	4	7
1er Quartil	5,25	10	7,25	10,25
Mediana	7	11	9,5	12,50
Promedio	6,61	11	9,56	12,33
3er Quartil	8	12	11	14
Máxima	10	15	15	18

Elaborado por: López J.

4.2.2.3 S Estimado

El valor de S estimado fue tomado como un valor complementario al análisis biológico por la importancia y la trascendencia de su significado en el análisis, por lo que fue también sometido al procesamiento estadístico. El gráfico 4.5 muestra la distribución de los datos de s estimado y los valores estadísticos importantes: Condición 1 mínima = 6,62; mediana = 16,27; máxima = 18; promedio = 15,11; desviación standard = 3,18; Condición 2 mínima = 11,01; mediana = 21,56; máxima = 25; promedio = 20,57; desviación standard = 3,88; Condición 3 mínima = 9,56; mediana = 18,39; máxima = 22; promedio = 17,76; desviación standard = 3,38; y Condición 4 mínima = 12,34; mediana = 23,95; máxima = 26; promedio = 22,58; desviación standard = 3,75.

GRÁFICO 4.5 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA VARIABLE S ESTIMADO



Elaborado por: López J.

La tabla 4.5 indica los valores estadísticos de la variable diversidad complementaria a la variable calculada S estimado.

TABLA 4.5 MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL DE LA VARIABLE S-ESTIMADO

Parámetro	S estimado			
	1	2	3	4
Sd	3,18	3,88	3,38	3,75
Var	10,09	15,04	11,40	14,10
Mínima	6,62	11,01	9,56	12,34
1er Cuartil	14,04	18,75	16,05	21,32
Mediana	16,27	21,56	18,39	23,95
Promedio	15,11	20,57	17,76	22,58
3er Cuartil	17,38	23,48	20,3	25,21
Máxima	18	25	22	26

Elaborado por: López J.

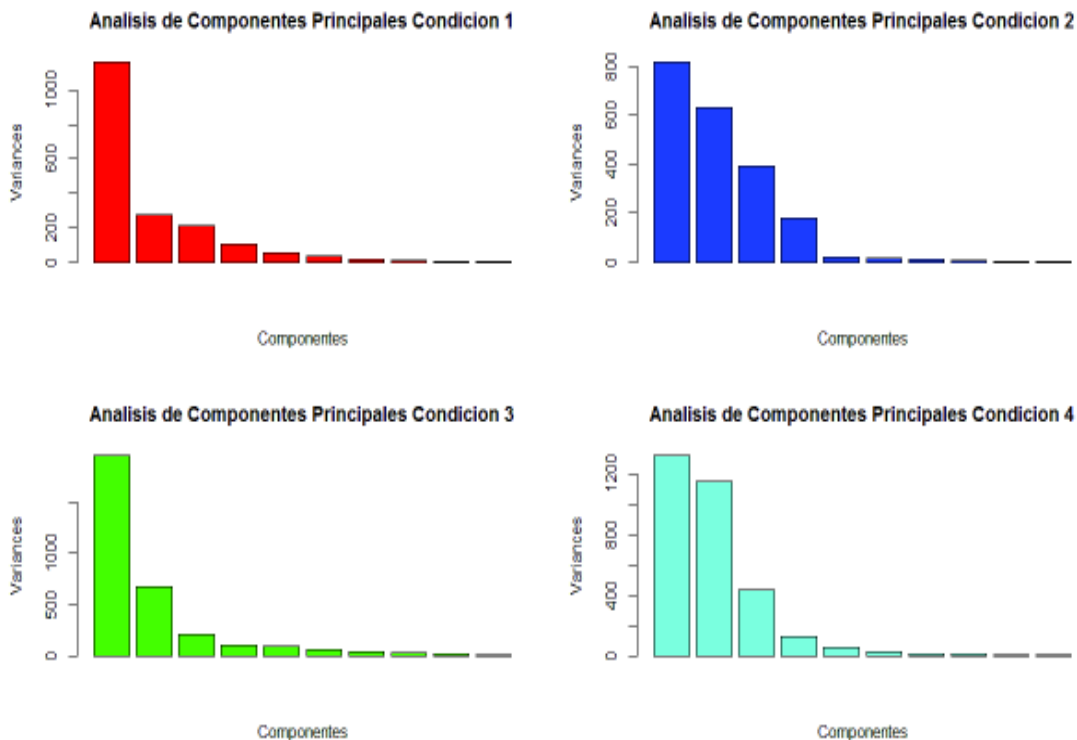
La caracterización estadística de las variables físico químicas se encuentra descrita en el Anexo 12.

4.2.3 ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES

El ACP permitió resumir la mayor parte de la explicación de las variables físico químicas en un solo componente, éste lo evidenciamos en el resultado de la proporción de la varianza de cada componente, dándonos como resultado que el componente principal resume el 0,618 de proporción de explicación de los parámetros físico químicos de la Condición 1, el 0,39 de proporción de explicación de los parámetros físico químicos de la Condición 2, el 0,614 de proporción de explicación de los parámetros físico químicos de la Condición 3, y el 0,418 de proporción de explicación de los parámetros físico químicos de la Condición 4. El resumen de cada condición y sus componentes se puede observar en el gráfico 4.6. Con estos resultados determinamos de aquí en adelante que al primer componente de cada condición se lo denominará "Componente Principal Calidad del Agua".

Estos valores también pueden ser observados en la tabla 4.6 donde se observa el resumen de importancia de la variable "Componente Principal Calidad del Agua" en las cuatro condiciones con los indicadores numéricos respectivos.

GRÁFICO 4.6 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL ANÁLISIS DE COMPONENTES PRINCIPALES



Elaborado por: López J.

TABLA 4.6 IMPORTANCIA DE LA VARIABLE COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA EN LAS CUATRO CONDICIONES

	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
Desviación Estándar	34,083	28,556	44,245	36,323
Proporción de Varianza	0,618	0,39	0,614	0,418

Elaborado por: López J.

La tabla 4.7 contiene los valores numéricos de la variable Componente Principal Calidad del Agua en cada punto de muestreo de las cuatro condiciones del proyecto.

**TABLA 4.7 RESULTADOS DE CADA REPLICA DE LA VARIABLE
"COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA" EN LAS CUATRO
CONDICIONES**

Condición 1		Condición 2		Condición 3		Condición 4	
Punto	Valor de Comp. Principal	Punto	Valor de Comp. Principal	Punto	Valor de Comp. Principal	Punto	Valor de Comp. Principal
A1	-0,554	A19	-23,242	B1	-25,463	B19	38,729
A2	-32,474	A20	-55,774	B2	-7,187	B20	33,491
A3	-12,998	A21	-22,978	B3	-32,263	B21	37,178
A4	-5,632	A22	-23,250	B4	-37,725	B22	33,372
A5	-12,189	A23	-20,244	B5	-13,636	B23	46,041
A6	-25,562	A24	-23,227	B6	-30,080	B24	38,881
A7	-45,682	A25	27,162	B7	-76,062	B25	33,932
A8	-11,779	A26	25,482	B8	-59,501	B26	35,278
A9	-12,555	A27	-3,708	B9	-72,382	B27	1,652
A10	-29,659	A28	-3,974	B10	35,965	B28	-46,916
A11	-42,412	A29	4,634	B11	42,693	B29	-51,711
A12	-31,386	A30	12,115	B12	41,328	B30	-51,301
A13	41,333	A31	78,373	B13	37,896	B31	-26,043
A14	53,122	A32	-3,618	B14	44,337	B32	-25,939
A15	40,970	A33	13,116	B15	36,569	B33	-29,182
A16	40,658	A34	4,152	B16	29,111	B34	-23,641
A17	40,666	A35	-1,233	B17	30,611	B35	-27,069
A18	46,133	A36	16,213	B18	55,790	B36	-16,753

Elaborado por: López J.

4.2.4 PRUEBA DE NORMALIDAD DE LA VARIABLE "COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA"

Los valores de significancia estadística se observan en tabla 4.8, determinando que la variable "Componente Principal Calidad del Agua" presenta una distribución normal. La Condición 1 presenta el valor de $p = 0,0176$, la condición presenta el valor de $p = 0,1458$, la condición 3 presenta el valor de $p = 0,0308$ y la condición 4 $p = 0,00682$; siendo de esta manera que la condición 2 es única que no presenta una distribución normal ($p > 0,05$).

**TABLA 4.8 RESULTADO DE SHAPIRO TEST A COMPONENTE PRINCIPAL
CALIDAD DEL AGUA EN LAS CUATRO CONDICIONES**

Parámetro de Importancia	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
W	0,86984	0,92295	0,88425	0,84401
p-value	0,01768	0,1458	0,0308	0,00682

Elaborado por: López J.

4.2.5 CORRELACIONES

Los resultados de correlación fluctúan entre -1 y 1, expresándonos que mientras más se acerca a 1, significa que las variables de análisis son positivamente proporcionales dependiendo uno de la otra y, mientras más se acerca a -1, las variables son inversamente proporcionales dependiendo incremento de una y decrecimiento de la otra. En este resultado se puede destacar que no se encuentran valores mayores a 0,7 o menores a -0,7; indicando que la relación no es estrictamente alta entre las variables analizadas. El resumen de la correlación de variables físico químicas con las variables biológicas: Abundancia y Diversidad se las observa en las tablas 4.9 y 4.10.

**TABLA 4.9 CORRELACIÓN ABUNDANCIA CON RESPECTO A LAS
VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS**

Parámetro	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
	Abundancia			
Temperatura	0,05173	0,54799	-0,10407	-0,27371
Conductividad	0,29098	-0,24347	0,13050	0,12902
TDS	0,28458	-0,11225	0,27690	0,23881
pH	-0,04420	-0,32166	0,29669	0,15332
OD	0,13148	0,39029	-0,06856	0,36638
% OD Saturación	0,32490	0,53488	-0,10810	0,29671
Fosfatos	-0,30710	-0,00734	-0,35334	-0,35095
Nitratos	0,36950	0,49311	-0,08329	0,31747
Nitrógeno Amoniacal	-0,26372	0,39936	-0,03001	-0,19743
Resistividad	-0,27826	0,28212	-0,28297	-0,21909
NaCl	0,31435	0,22661	0,20664	0,14783
DBO ₅	-0,27480	0,55417	-0,23425	0,28934
DQO	-0,27480	0,00000	-0,23425	0,28934
Solidos Totales	-0,30130	0,19811	-0,21633	-0,08726

**TABLA 4.9 CORRELACIÓN ABUNDANCIA CON RESPECTO A LAS
VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS (CONTINUACIÓN)**

Solidos Totales Volátiles	0,05248	-0,07134	-0,19397	-0,18507
Solidos Totales Fijos	-0,33729	0,20313	-0,14238	-0,02877
Solidos Disueltos	0,03671	0,39885	-0,19632	0,26592
Solidos Disueltos Volátiles	0,22134	-0,40924	0,23174	0,19616
Solidos Disueltos Fijos	-0,09952	0,43958	-0,24954	0,21974
Solidos Suspendidos	-0,32948	-0,52729	0,12930	-0,66596
Solidos Suspendidos Volátiles	-0,24490	-0,21434	0,05529	-0,66902
Solidos Suspendidos Fijos	-0,08086	-0,38660	0,11663	-0,31781
Velocidad	-0,59829	-0,00448	-0,02135	0,44685
Profundidad	-0,15287	0,02544	0,14507	-0,19531

Elaborado por: López J.

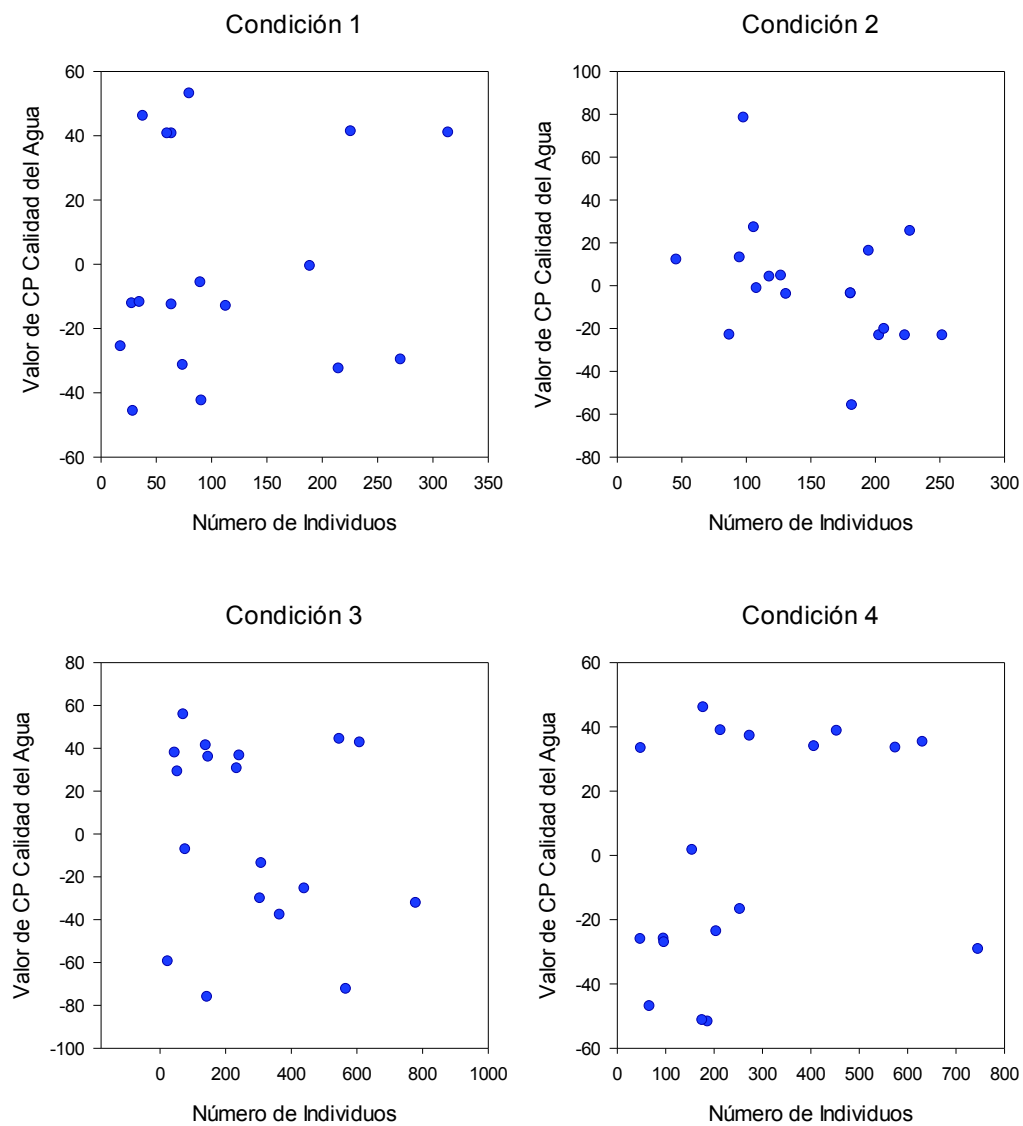
**TABLA 4.10 CORRELACIÓN DIVERSIDAD CON RESPECTO A LAS
VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS**

Parámetro	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
	Diversidad			
Temperatura	-0,42289	0,13706	-0,09284	-0,45969
Conductividad	0,62807	0,10864	0,41007	0,18174
TDS	0,66082	0,13500	0,49065	0,34835
pH	-0,31733	-0,39811	0,34139	-0,02789
OD	0,03907	0,13846	0,04187	0,31584
% OD Saturación	0,05952	0,05960	0,06211	0,07578
Fosfatos	-0,21628	-0,31930	-0,18692	0,02278
Nitratos	-0,02046	-0,14017	-0,08732	0,29744
Amoniacal	0,08436	-0,15388	-0,13362	-0,00808
Resistividad	-0,20672	0,17197	-0,21121	-0,27782
NaCl	0,75311	0,49955	0,14861	0,08624
DBO ₅	-0,61342	0,04495	-0,19889	0,14378
DQO	-0,61342	0,00000	-0,19889	0,14378
Solidos Totales	0,03928	-0,19085	-0,56335	-0,25867
Solidos Totales Volátiles	0,18554	0,03583	-0,24025	-0,31102
Solidos Totales Fijos	-0,10709	-0,16452	-0,60920	-0,20329
Solidos Disueltos	0,05943	0,23589	-0,58495	-0,07047
Solidos Disueltos Volátiles	0,46765	-0,27660	-0,05479	-0,00653
Solidos Disueltos Fijos	-0,22146	0,27544	-0,45756	-0,07076
Solidos Suspendidos	-0,14187	-0,18191	0,13268	-0,55084
Solidos Suspendidos Volátiles	-0,27477	0,26723	0,10503	-0,53451
Solidos Suspendidos Fijos	0,37511	-0,37120	0,10313	-0,30711
Velocidad	-0,23756	0,10383	0,11459	0,34545
Profundidad	0,37540	-0,01422	-0,09343	-0,31103

Elaborado por: López J.

El gráfico 4.7 muestra la distribución de la variable componente principal calidad del agua con respecto a la abundancia, en las cuatro condiciones del proyecto.

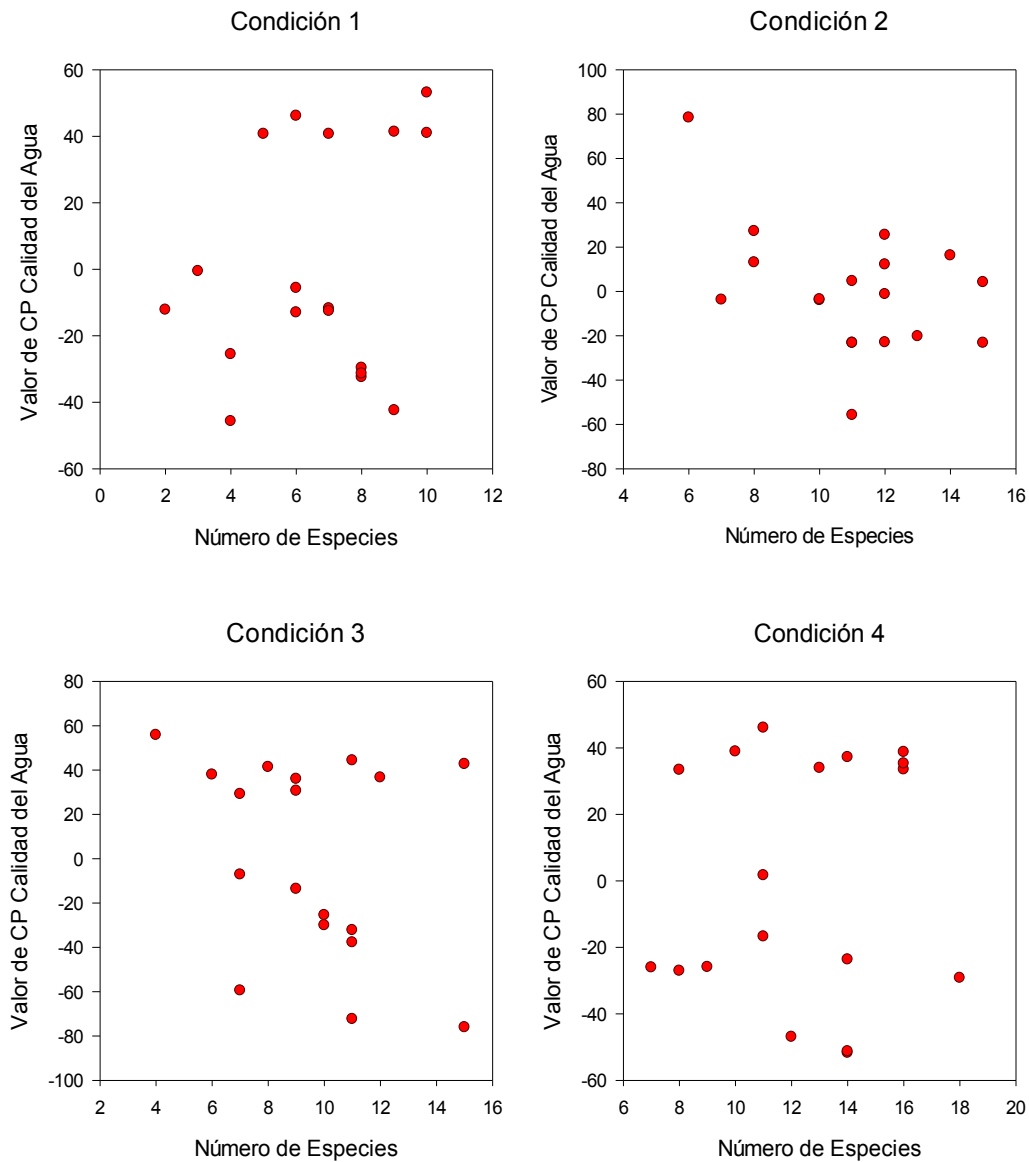
GRÁFICO 4.7 ABUNDANCIA CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA



Elaborado por: López J.

La gráfica 4.8 muestra la distribución de la variable componente principal calidad del agua con respecto a la diversidad, en las cuatro condiciones del proyecto.

GRÁFICO 4.8 DIVERSIDAD CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA

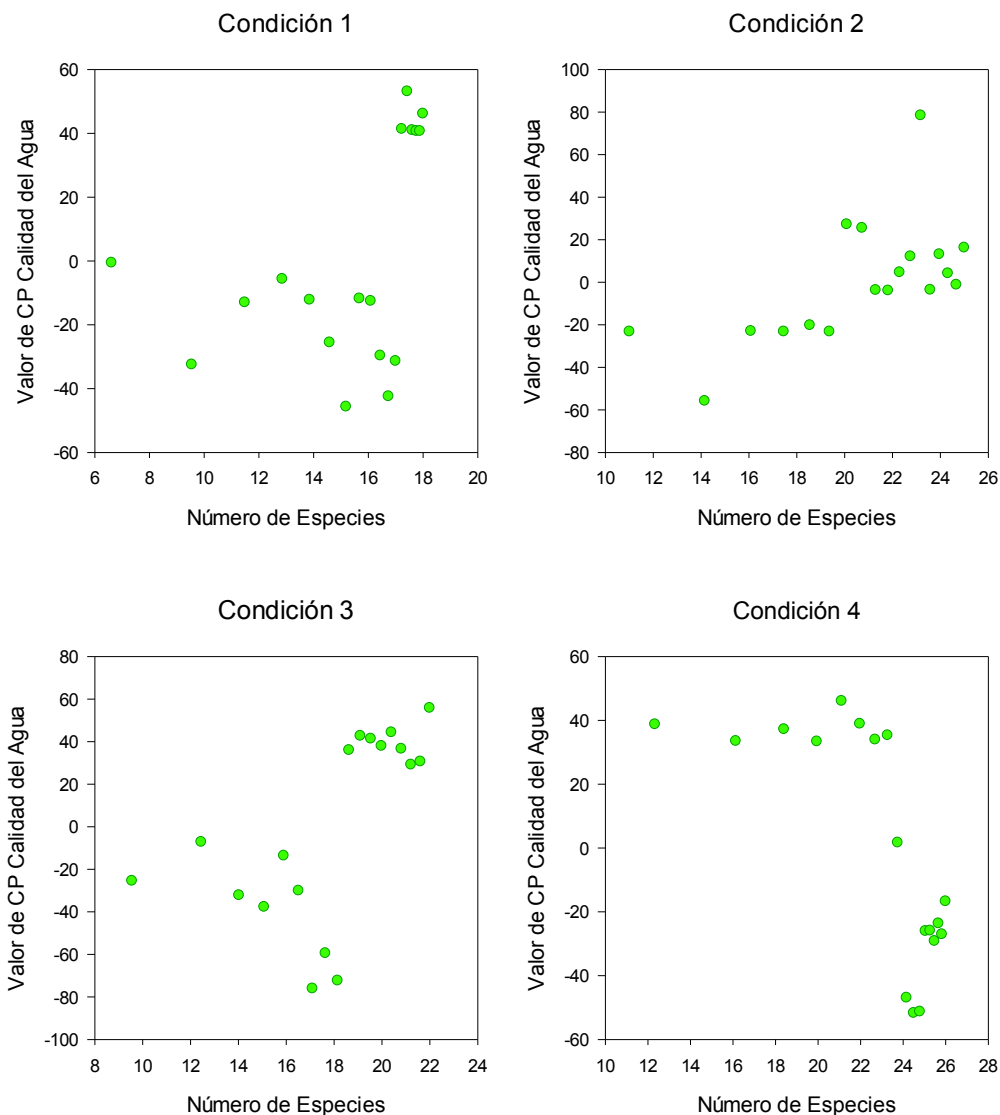


Elaborado por: López J.

La gráfica 4.8 muestra la distribución de la variable componente principal calidad del agua con respecto a S estimada, en las cuatro condiciones del proyecto.

En esta gráfica se observa el comportamiento de una forma más normalizada de la variable, lo cual nos permite observar la relación entre las variables físico químicas y biológicas.

GRÁFICO 4.9 S ESTIMADA CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA



Elaborado por: López J.

En la tabla 4.11 se observan los resultados de correlación de las variables biológicas con respecto a la variable componente principal calidad del agua. Como en el caso anterior, no se dan correlaciones altas o destacables. Presentando valores de relación con respecto a la variable componente principal calidad del agua, abundancia: 0,1258 en la Condición 1; -0,4102 en la Condición 2; -0,1945 en la Condición 3 y 0,32776 en la Condición 4; diversidad: 0,2627 en la Condición 1; -0,4414 en la Condición 2; -0,3242 en la Condición 3 y 0,0936 en la

Condición 4; S estimado: 0,4077 en la Condición 1; 0,6171 en la Condición 2; 0,5867 en la Condición 3 y -0,7075 en la Condición 4.

TABLA 4.11 CORRELACIÓN COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA CON RESPECTO A LAS VARIABLES BIOLÓGICAS

	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
	Componente Principal Calidad del Agua			
Abundancia	0,12581	-0,41022	-0,19451	0,32776
Diversidad	0,26273	-0,44142	-0,32421	0,09368
S estimado	0,40772	0,61717	0,58670	-0,70753

Elaborado por: López J.

En la tabla 4.12 se observan los valores de correlación entre las familias de macroinvertebrados con respecto a la variable calidad del agua, en las celdas que se encuentran marcadas con X no se encontraron individuos de la familia en la condición señalada. Los valores de relación destacables son: Condición 1 con Scirtidae 0,4985; Condición 2 con Sphaeridae 0,6849 y Limnephilidae 0,487; Condición 3 con Sphaeridae -0,5317; Condición 4 con Sphaeridae -0,5943 e Hydroptilidae con 0,4736.

TABLA 4.12 CORRELACIÓN FAMILIAS CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA

Familia	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
Glossiphoniidae	-0,0341	-0,2552	-0,1217	-0,1883
Hydrachnidae	X	-0,1769	0,3147	0,1075
Scirtidae	0,4985	0,1226	-0,2557	-0,0714
Limnichydae	-0,2298	X	X	X
Sminthuridae	X	0,0363	X	X
Poduridae	X	X	X	-0,1151
Hyalellidae	0,1920	0,1686	0,0582	-0,1320
Chironomidae	0,1014	-0,1396	-0,3017	0,2413
Simuliidae	0,1102	-0,0971	0,2325	0,2876
Elmidae	0,4405	-0,3512	-0,4179	0,3929
Empididae	-0,0225	-0,1060	-0,3000	0,1809
Muscidae	X	X	-0,2563	0,0305
Tipulidae	0,0437	-0,3370	X	-0,3424
Ephydridae	0,3000	0,0972	X	X

TABLA 4.12 CORRELACIÓN FAMILIAS CON RESPECTO A COMPONENTE PRINCIPAL CALIDAD DEL AGUA (CONTINUACIÓN)

Baetidae	0,1667	-0,2085	0,2798	0,0616
Haplotaixidae	-0,1934	-0,1794	-0,1592	-0,3836
Mesoveliidae	X	-0,2008	X	X
Sphaeriidae	-0,3413	0,6849	-0,5317	-0,5943
Nematoda	X	0,0363	-0,4290	-0,1352
Glossosomatidae	-0,2620	-0,1729	0,0637	0,3708
Leptoceridae	-0,4051	-0,1285	0,2408	0,2661
Limnephilidae	0,2575	0,4877	0,2179	0,1398
Hydroptilidae	X	-0,0379	-0,4290	0,4736
Hydrobiosidae	X	-0,3400	0,2408	0,2184
Hellicopsychidae	X	0,03629	X	X
Hydropsychidae	X	-0,29600	X	X
Planariidae	-0,1848	-0,44514	0,0972	0,1516

Elaborado por: López J.

En la tabla 4.13 se observan los parámetros físico químico que con respecto a las diferentes familias de macroinvertebrados tienen un valor de correlación mayor a 0,5 y menor -0,5; tendencia detallada en su relación proporcional. También se detalla en que condición de análisis resultó el valor de correlación en el rango ya mencionado.

TABLA 4.13 RESUMEN DE CORRELACIÓN DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS CON RESPECTO A VARIABLES FISICO QUIMICAS DE CALIDAD DEL AGUA

Familia	Parámetro	Valor de Correlación	Relación Proporcional	Escenario de Correlación
Hydrobiosidae	pH	0,528	Directa	Total
	pH	0,702	Directa	Temp 1
	Oxígeno Disuelto	-0,652	Indirecta	Temp 1
	% Sat Oxígeno Disuelto	-0,575	Indirecta	Temp 1
	Nitrógeno Amoniacal	-0,646	Indirecta	Temp 1
	DQO	-0,708	Indirecta	Temp 1
	Sólidos Suspendidos	-0,707	Indirecta	Temp 1
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,627	Indirecta	Temp 1
	Profundidad	-0,561	Indirecta	Temp 1
	pH	0,516	Directa	Temp 2
	Nitrógeno Amoniacal	-0,511	Indirecta	Temp 2

**TABLA 4.13 RESUMEN DE CORRELACIÓN DE FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS CON RESPECTO A VARIABLES FISICO
QUIMICAS DE CALIDAD DEL AGUA (CONTINUACIÓN)**

Familia	Parámetro	Valor de Correlación	Relación Proporcional	Escenario de Correlación
Hydrobiosidae	Sólidos Suspendidos	-0,503	Indirecta	Temp 2
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,583	Indirecta	Temp 2
	Temperatura	0,538	Directa	Condición 2
	Sólidos Suspendidos	-0,532	Indirecta	Condición 2
	Sólidos Suspendidos	-0,686	Indirecta	Condición 4
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,668	Indirecta	Condición 4
Glossosomatidae	pH	0,547	Directa	Temp 1
	DQO	-0,550	Indirecta	Temp 1
	Sólidos Suspendidos	-0,583	Indirecta	Temp 1
	% Sat Oxígeno Disuelto	0,654	Directa	Condición 2
	Nitratos	0,647	Directa	Condición 2
	Nitrógeno Amoniacal	0,508	Directa	Condición 2
	Resistividad	0,536	Directa	Condición 2
Velocidad	0,634	Directa	Condición 3	
Limnephilidae	TDS	0,528	Directa	Temp 1
	pH	0,528	Directa	Temp 1
	Oxígeno Disuelto	0,611	Directa	Temp 1
	DQO	-0,569	Indirecta	Temp 1
	Sólidos Suspendidos	-0,553	Indirecta	Temp 1
	Conductividad	0,561	Directa	Condición 1
	NaCl	0,595	Directa	Condición 1
Hydroptilidae	Sólidos Disueltos Fijos	0,516	Directa	Temp 1
	DQO	0,518	Directa	Temp 2
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,554	Indirecta	Temp 2
	Sólidos Totales Fijos	-0,756	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Disueltos	-0,676	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Disueltos Fijos	-0,509	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Suspendidos	-0,737	Indirecta	Condición 4
Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,768	Indirecta	Condición 4	
Planariidae	Conductividad	0,527	Directa	Temp 1
	TDS	0,546	Directa	Temp 1
	pH	0,611	Directa	Temp 1
	Oxígeno Disuelto	-0,559	Indirecta	Temp 1

**TABLA 4.13 RESUMEN DE CORRELACIÓN DE FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS CON RESPECTO A VARIABLES FISICO
QUIMICAS DE CALIDAD DEL AGUA (CONTINUACIÓN)**

Familia	Parámetro	Valor de Correlación	Relación Proporcional	Escenario de Correlación
Planariidae	% Sat Oxígeno Disuelto	-0,543	Indirecta	Temp 1
	Nitrógeno Amoniacal	-0,550	Indirecta	Temp 1
	DQO	-0,658	Indirecta	Temp 1
	Sólidos Suspendidos	-0,582	Indirecta	Temp 1
	Velocidad	-0,502	Indirecta	Temp 1
	Nitratos	0,547	Directa	Condición 1
Elmidae	Temperatura	-0,550	Indirecta	Temp 2
	Resistividad	-0,577	Indirecta	Temp 2
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,569	Indirecta	Temp 2
	Profundidad	-0,516	Indirecta	Temp 2
	Sólidos Disueltos Volátiles	0,555	Directa	Condición 1
	Temperatura	-0,578	Indirecta	Condición 4
	Oxígeno Disuelto	0,558	Directa	Condición 4
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,662	Indirecta	Condición 4
Leptoceridae	Velocidad	0,538	Directa	Condición 2
	Temperatura	-0,506	Indirecta	Condición 4
Empididae	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,547	Indirecta	Temp 1
	pH	0,518	Directa	Condición 1
	Sólidos Totales Fijos	-0,570	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Disueltos	-0,521	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Suspendidos	-0,757	Indirecta	Condición 4
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,712	Indirecta	Condición 4
Chrironomidae	Velocidad	0,630	Directa	Condición 4
	Velocidad	-0,581	Indirecta	Condición 1
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,602	Indirecta	Condición 4
Simuliidae	Sólidos Suspendidos Fijos	-0,645	Indirecta	Condición 4
	Profundidad	0,553	Directa	Condición 1
Tipulidae	Sólidos Suspendidos	0,582	Directa	Condición 2
Muscidae	Sólidos Disueltos	0,502	Directa	Condición 2
	Sólidos Suspendidos	-0,522	Indirecta	Condición 4
	Sólidos Suspendidos Volátiles	-0,543	Indirecta	Condición 4
	Velocidad	0,538	Directa	Condición 4

**TABLA 4.13 RESUMEN DE CORRELACIÓN DE FAMILIAS DE
MACROINVERTEBRADOS CON RESPECTO A VARIABLES FISICO
QUIMICAS DE CALIDAD DEL AGUA (CONTINUACIÓN)**

Familia	Parámetro	Valor de Correlación	Relación Proporcional	Escenario de Correlación
Hyallellidae	Profundidad	0,517	Directa	Temp 2
	NaCl	-0,532	Indirecta	Condición 2
	Sólidos Totales Volátiles	-0,507	Indirecta	Condición 4
Sphaeriidae	Sólidos Disueltos	-0,505	Indirecta	Temp 2
	Sólidos Disueltos Fijos	-0,511	Indirecta	Temp 2
	NaCl	-0,990	Indirecta	Condición 2
	Sólidos Suspendidos	0,683	Directa	Condición 2
	Sólidos Suspendidos Fijos	0,808	Directa	Condición 2
	pH	0,516	Directa	Condición 3
	Sólidos Disueltos Fijos	-0,500	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Suspendidos	0,577	Directa	Condición 3
	Sólidos Suspendidos Fijos	0,535	Directa	Condición 3
	Sólidos Disueltos	-0,702	Indirecta	Condición 4
	Sólidos Disueltos Fijos	-0,622	Indirecta	Condición 4
	Scirtidae	Sólidos Totales Volátiles	0,540	Directa
Sólidos Disueltos Volátiles		0,576	Directa	Condición 1
Haplotaxidae	Nitrógeno Amoniacal	0,595	Directa	Condición 1
	Sólidos Totales Fijos	0,601	Directa	Condición 1
Sminthuridae	Sólidos Suspendidos Volátiles	0,754	Directa	Condición 2
Nematoda	Sólidos Suspendidos Volátiles	0,754	Directa	Condición 2
	Sólidos Totales Fijos	-0,756	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Disueltos	-0,676	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Disueltos Fijos	-0,509	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Suspendidos Fijos	0,528	Directa	Condición 4
Hydrachnidae	Conductividad	-0,849	Indirecta	Condición 3
	Sólidos Disueltos	0,585	Directa	Condición 3
Glossiphoniidae	Sólidos Disueltos Fijos	-0,569	Indirecta	Condición 4

Elaborado por: López J.

4.2.6 PRUEBA ANOVA

En la tabla 4.14, se observan los valores de resultados importantes en la prueba anova. El valor de significancia de 0,004 permite conocer que se aprueba la hipótesis formulada en el estudio, la cual es: "Existen diferencias significativas en

la abundancia de las especies de macroinvertebrados considerando la temporalidad y la geomorfología”, debido a que p es menor a 0,05.

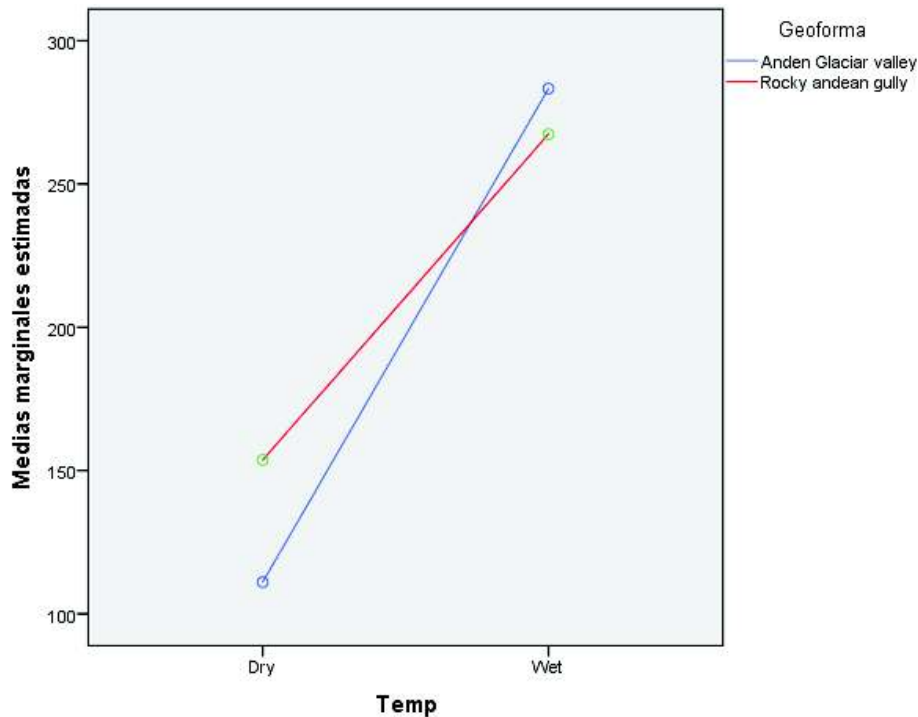
TABLA 4.14 RESULTADO PRUEBA ANOVA CON ABUNDANCIA

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significancia P
Modelo corregido	386452,167 ^a	3	128817,39	4,843	0,004

Elaborado por: López J.

El gráfico 4.10 permite visualizar gráficamente las claras diferencias en cuanto a los factores formulados, conociendo el amplio margen de diferencia, permitiéndonos observar que los factores formulados son elementos de diferencia en el estudio.

GRÁFICO 4.10 PRUEBA ANOVA: MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DE FRECUENCIA EN ABUNDANCIA DE INDIVIDUOS



Elaborado por: López J.

En la tabla 4.15, se observan los valores de resultados importantes en la prueba anova. El valor de significancia de 0 permite conocer que se aprueba la hipótesis formulada en el estudio, la cual es: "Existen diferencias significativas en la diversidad de las especies de macroinvertebrados considerando la temporalidad y la geomorfología", debido a que p es menor a 0,05.

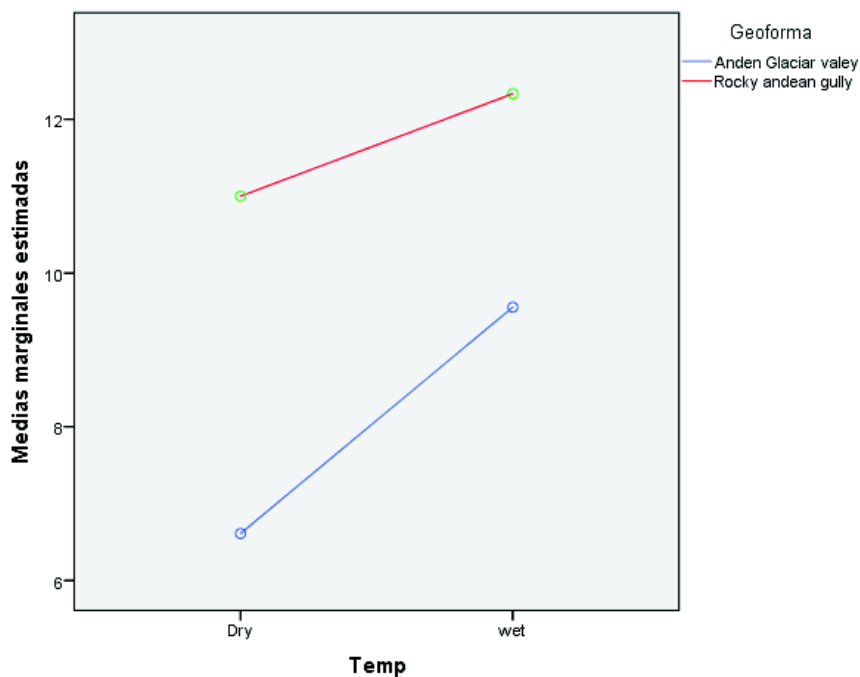
TABLA 4.15 RESULTADO PRUEBA ANOVA CON DIVERSIDAD

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Grados de Libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Modelo corregido	325,153a	3	108,384	14,319	0

Elaborado por: López J.

El gráfico 4.11 permite visualizar gráficamente las claras diferencias en cuanto a los factores formulados, conociendo el amplio margen de diferencia, permitiéndonos observar que los factores formulados son elementos de diferencia en el estudio.

GRÁFICO 4.11 PRUEBA ANOVA: MEDIAS MARGINALES ESTIMADAS DE FRECUENCIA EN DIVERSIDAD DE ESPECIES



Elaborado por: López J.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El estado de conservación del ecosistema y su calidad es buena, debido a la poca variación con respecto a los parámetros físico químicos, apoyado por la presencia de familias y especies que se desarrollan en hábitats poco alterados.
- Mediante el análisis de estimadores no paramétricos, se determinó que el “S Estimado” es el mejor modelo no paramétrico para la estimación de especies, en este trabajo coincidimos con estudios como los de Bunge y Fitzpatrick, (1993), en el cual determina que la “S estimada” nos permite pronosticar de una manera más adecuada la asíntota de especies comparada con otros estimadores no paramétricos en un área específica (TABLA 4.1). Otra explicación que puede sustentar esta conclusión es que los estimadores Chao 1, Jackknife y ACE expresan valores continuos y, las especies deben ser expresadas en valores discretos.
- Referente al uso de ecuaciones no lineales se determinó que la ecuación exponencial negativa es el modelo más idóneo referente a la Ecuación de Clench, esto se debe a su grado de ajuste con la pendiente (R^2); Esta respuesta coincide con los trabajos de Jiménez Valverde y Hortal en 2002, en el cual determina que muestreos en zonas pequeñas que involucran poco espacio físico y diferentes esfuerzos de muestreo, se ajustan mejor con la ecuación exponencial negativa.
- En referente a que “S estimado” es el estimador más adecuado para análisis no paramétrico de biodiversidad, se determinó que la Condición 4 posee mayor diversidad de macroinvertebrados en relación a las otras tres condiciones (TABLA 4.1).
- Esto coincide con el modelo de la ecuación exponencial negativa que también estableció que la Condición 4 presenta un escenario con mayor diversidad con respecto a los otros tres (TABLA 4,2), los valores observados

en la asíntota; expresan que la temporada seca en el cuadro geomorfológico de quebrada andina con afloramiento de rocas es ideal para encontrar una respuesta en diferenciación de frecuencia y abundancia. Con estos antecedentes se concluye que el mejor escenario para muestreo es el mencionado.

- Hay que mencionar que la Condición 2 es la misma que la Condición 4 variando únicamente en el factor temporal, siendo la segunda con mayor diversidad de macroinvertebrados (TABLA 4.1 y 4.2), en este contexto, se concluye que la quebrada andina con afloramiento de rocas es un sitio geofísicamente adecuado para el desarrollo de diversidad de macroinvertebrados.
- El ACP permitió resumir en un solo componente la explicación de las 24 variables físico-químicas de cada condición, determinando que la condición 4 con la 2 y, la condición 1 con la 3, presentan valores de explicación similares, esto se concluye que es debido a que es el mismo sector espacial, pero con diferente rango temporal. La condición 1 (Temporalidad seca en valle andino de origen glaciar) y la condición 3 (Temporalidad lluviosa en valle andino de origen glaciar) presenta una mayor explicación en el resumen de componentes debido a la proporción de varianza (TABLA 4.6).
- La Condición 2 (Temporalidad seca en quebrada andina de origen glaciar) no presenta una distribución normal, es decir $p > 0,05$ (TABLA 4,8). Esto asumimos que puede deberse a la disminución de caudal debido a la presencia de la captación del Río Jatunhuayco y el aumento de escorrentía por temporada lluviosa, esto puede afectar al comportamiento de los parámetros físico químicos.
- En base a la conclusión de que el “S estimado” es el mejor indicador de biodiversidad, se determina que el mayor grado de correlación entre la calidad del agua y la diversidad corresponde al valor determinado con la condición 2 (Temporalidad seca en quebrada andina de origen glaciar). Esto nos lleva a concluir que esta condición es un nicho más óptimo para la reproducción de macroinvertebrados relacionado con la calidad del agua (TABLA 4.11). Este trabajo en el cual se relaciona los componentes físicos

químicos y la relación que presenta con la biodiversidad acuática, es pionero en Ecuador, permitiéndonos recomendar que este tipo de estudios en el cual consideren este tipo de relaciones pueden ser utilizadas por futuras investigaciones en este campo de estudio.

- En relación con las condiciones físico químicas que permiten un desarrollo fisiológico adecuado de diferentes familias tenemos: La familia de macroinvertebrados *Scitidae* tiene una relación significativa con la calidad del agua de la condición 1, la familia de macroinvertebrados *Sphaeridae* y *Limnephilidae* tienen una relación significativa con la calidad del agua de la condición 2, la familia *Sphaeridae* tiene una relación significativa con la calidad del agua de la condición 3, y la familia *Hydroptilidae* tiene una relación significativa con la calidad del agua de la condición 4; concluyendo que estas familias son potenciales bioindicadores de la calidad del agua de regiones altoandinas tropicales.
- La familia *Limnephilidae* fue representada en el estudio por individuos del genero *Anomalocosmoecus* de la especie *illesi*; por lo que esta especie presente es un posible bioindicador en la región de estudio de la calidad del agua concordando con Ninahuanca, A., Arteaga, D., Luna, R. en 2013, quienes afirman que individuos del genero *Anomalocosmoecus* son bioindicadores.
- Se determinó con una correlación, la relación que existe entre las familias y los parámetros físico químicos (TABLA 4.12), en el cual se destaca que la familia de *Hydrobiosidae* posee alto grado de relación con el pH, nitrógeno amoniacal sólidos suspendidos y DQO; la familia *Glossosomatidae* con oxígeno disuelto, velocidad y nitratos; la familia *Limnephilidae* posee alto grado de relación con oxígeno disuelto, sólidos suspendidos y salinidad; la familia *Hydroptilidae* posee alto grado de relación con DQO y Sólidos (Totales: fijos y volátiles); la familia *Planaridae* posee alto grado de relación con p H, DQO y sólidos suspendidos; la familia *Elmidae* posee alto grado de relación con temperatura, sólidos suspendidos y oxígeno disuelto; la familia *Empididae* posee alto grado de relación con sólidos suspendidos y velocidad; la familia *Chironomidae* posee alto grado de relación con sólidos suspendidos y velocidad; la familia

Simulidae posee alto grado de relación con profundidad; la familia *Hyallellidae* posee alto grado de relación con salinidad; la familia *Sphaeridae* posee alto grado de relación con salinidad y sólidos suspendidos; la familia *Scirtidae* posee alto grado de relación con sólidos volátiles; la familia *Haplotaenidae* posee alto grado de relación con nitrógeno amoniacal y sólidos totales fijos; la familia *Glossiphoniidae* posee alto grado de relación con sólidos disueltos fijos; el orden *Nematoda* posee alto grado de relación con sólidos totales (suspendidos y disueltos); e *Hydrachnidae* con conductividad eléctrica. Lo que significa que estos parámetros físico químicos influyen sobre el metabolismo de estas familias.

- Mediante el análisis Anova se determinó que los factores temporalidad (húmeda y seca) y geomorfología (valle andino de origen glaciar y quebrada andina con afloramiento de rocas), influyen sobre la variable respuesta biodiversidad y abundancia ($p < 0.05$). Lo que nos permite concluir que las diferencias entre estos factores influyen sobre las respuestas de biodiversidad en los macroinvertebrados.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda comprobar la influencia del factor temporalidad en la respuesta diversidad y abundancia, en periodos más largos de muestreo, como por ejemplo un año de muestreo, esto permitiría disminuir un sesgo debido a temporalidad, además que se consideraría la época de transición.
- Este tipo de estudio se debería aplicar con regularidad para estudiar una posible variación de la abundancia y diversidad de macroinvertebrados debido al cambio climático.
- Realizar estudios más profundos de la relación de las familias con los parámetros físico-químico descritos, en un periodo mayor con un mayor número de muestras.
- Se debe hacer un muestreo en un periodo de tiempo mayor y en diferentes temporalidades, esto permitirá determinar los macroinvertebrados que podrían ser bioindicadores de calidad del agua.

- Tomar en cuenta la variación de parámetros físico químicos en las diversas temporadas.
- Tomar en cuenta que puede presentarse un cambio en el comportamiento de la comunidad de macroinvertebrados, referente a la biodiversidad y frecuencia debido a la presencia de la captación del Río Jatunhuayco, considerando un cuadro de escasez de agua.
- Realizar estudios más profundos de taxonomía de macroinvertebrados, ya que, al ser un grupo diverso y frecuente, se desconoce aún la taxonomía específica de los mismos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUA MX. (2004). *Centro Virtual de Información del Agua*. Obtenido de Datos y cifras del Agua: http://www.agua.org.mx/h2o/index.php?option=com_content&view=category&id=18&Itemid=300081
- Arriaza, M. (2005). *Guía práctica de análisis de datos*. Obtenido de http://www.um.es/jmpaz/AGP1213/guia_practica_de_analisis_de_datos.pdf
- Barrenechea, A. (2001). *Aspectos físicoquímicos de la calidad del agua*. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manuall/tomol/uno.pdf>
- Bautista, C. (2013). *Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies*. Estados Unidos, Nebraska: University of Nebraska - Lincoln.
- Biblioteca Humbolt. (2002). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones de biodiversidad*. Obtenido de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/HumboldtAnalisisDatos.pdf>
- Bonsai Menorca. (2016). *Parámetros de Calidad de las Aguas de Riego*. Obtenido de [http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Conductividad y Resistividad](http://www.bonsaimenorca.com/articulos/articulos-tecnicos/parametros-de-calidad-de-las-aguas-de-riego/#Conductividad_y_Resistividad)
- Boyd, C. (2001). *Estándares de la calidad del agua: amoníaco de nitrógeno total*. Obtenido de http://www.nicovita.com.pe/extranet/Boletines/dic_2002_01.pdf
- Bunge, J., & Fitzpatrick, M. (1993). Estimating the number of species: A Review. Estados Unidos: Journal of the American Statistical Association.
- Calzada, C., & Rodríguez, E. (2003). *La Calidad del Agua y la Salud de Nuestras Aguas Costeras e Interiores*. Obtenido de <http://www.recursosmarinos.org/calidad-de-agua.html>
- Carrera, C. (2001). *Los Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de la Calidad del Agua*. Quito, Ecuador: EcoCiencia.
- Colwell. (2013). EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. *Software and User's Guide*. Versión 9.1.0.

- Cortolima. (2000). *Macroinvertebrados acuáticos*. Obtenido de https://www.cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/estudios/e07.pdf
- De Pauw, N. a. (1993). *Biological monitoring of river water quality*. Birmingham, U.K.: Walley and Judd.
- Ditutor. (2015). *Correlación Estadística*. Obtenido de http://www.ditutor.com/estadistica_2/correlacion_estadistica.html
- Domínguez, E., & Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Tucumán , Argentina: Fundación Miguel Lillo.
- Duran, C., & Pardos, M. (2009). *Macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro*. Obtenido de <http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/materialesdidacticos/otros/guia-macroinvertebrados.pdf>
- ECOLAP - MAE. (2007). *Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador: Reserva Ecológica Antisana*. Quito: ECOFUND.
- Escobar, G. D. (2003). *Manual de Geología para Ingenieros*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Gobierno de. (2010). *Conceptos y métodos sobre el régimen de caudales ecológicos*. Obtenido de <http://www.ichtajo.es/Informacion%20Ciudadano/Publicaciones/Documents/CuadernoQEcol.pdf>
- Espinoza, T. E. (2003). *Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao*. *Elementos Ciencia y cultura*. Puebla, México: Universidad Autónoma de Puebla.
- FONAG. (2013). *Informe de la línea de base del estado de degradación de los páramos de Jatunhuayco: Escenario de degradación y caracterización de sistemas de referencia*. Quito.
- FONAG. (2014). *Restauración Ecológica de los Páramos de Jatunhuaycu: Degradación, Sistemas de Referencia y Estrategias de Restauración*. Quito, Ecuador: Publiasesores.

- Fondo Antisana. (2005). *Diagnóstico Socioambiental del Corredor de Páramo El Tambo Antisana*. Quito: USAID-The Natural Conservancy.
- Fuentes, F. (2002). *Manual de Ecología Microbiana*. Puerto Rico: Universidad de Puerto Rico en Mayaguez.
- Galindo, E. (2015). *Estadística, Métodos y Aplicaciones*. Quito: Proccencia.
- Gobierno de Navarra. (2010). *El agua en Navarra*. Obtenido de http://www.navarra.es/home_es/Temas/Medio+Ambiente/Agua/Documentacion/Parametros/OxigenoDisuelto.htm
- Hellawell, J. (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. England: Elsevier applied science.
- Hortal, J., & Jiménez, A. (2003). *Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad*. Zaragoza: Grupo Ibérico de Aracnología.
- Illies, J. (1961). Intento de una biopsia en general delineando la ribereña bióptica. *Gestión Hidrobiológica*.
- INEC. (2012). *Encuesta de Información Ambiental Económica en Empresas 2012*. Obtenido de http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Empresas_Privadas/Presentacion_Empresas.pdf
- Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. (2010). *Métodos para el análisis de datos: una aplicación para resultados provenientes de caracterizaciones*. Bogotá, Colombia.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. (2011). *Calidad del Agua*. Obtenido de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/612/calidad.pdf>
- Jiménez, A. (2000). *Determinación de los parámetros físico-químicos de calidad de las aguas*. Obtenido de <http://ocw.uc3m.es/ingenieria-quimica/ingenieria-ambiental/otros-recursos-1/OR-F-001.pdf>
- Keith, L. (1996). *Principles of Environmental Sampling*, 2nd ed. Washington, D.C.: ACS Professional Reference Book, American Chemical Soc.
- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Páginas de Información Ambiental*, 25.
- Moreno, C. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. Zaragoza: CYTED, ORCYT/UNESCO & SEA .

- Ninahuanca, A., Arteaga, D., & Luna, R. (2013). Journal of Basic & Applied Genetics. *Identificación de tricópteros de altura de Bolivia y Perú mediante el código de barras del ADN*. La Paz, Bolivia: Centro de Investigación Genética del Instituto de Investigaciones Técnico Científicas de la Universidad Policial.
- Pazmiño, A. (2010). Variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones en zonas de alta montaña: caso del Volcán Antisana. Quito , Ecuador: Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental.
- Rengifo, C. (2003). *Guía Principales órdenes de Macroinvertebrados*. Obtenido de http://artemisa.unicauca.edu.co/~gerardorengifo/RH2/Guia_Macroinvertebrados.pdf
- Rieradevall, M. (2013). Macroinvertebrados Acuáticos como Indicadores Biológicos: Una Herramienta Didáctica. Barcelona: Universidad de Barcelona-Departamento de Ecología.
- Rodrigues, A. (2009). La biota de los ríos: los invertebrados. *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. España: Fundación BBVA.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Fondo para la Protección del Medio Ambiente.
- Roldán, G. (1999). *Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad del Agua*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Secretaría General de la Comunidad Andina, M. d. (2011). *Proyecto de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA), Fondo para la Protección del Agua (FONAG)*. Obtenido de http://www.infoaguaguayllabamba.ec/sirhcg/images/M_images/PDF/Estudio%20de%20caudales%20ecologicos.pdf
- SEFO. (2014). *Las pruebas estadísticas*. Obtenido de <http://www.scientific-european-federation-osteopaths.org/las-pruebas-estadisticas/>
- SITES. (2000). *Ecología población y comunidad* . Obtenido de <https://sites.google.com/site/preupsubiologia/ecologiapoblacionycomunidad>
- Smith, C. D. (Enero de 2006). Jackknife Estimator of Species Richness with S-PLUS. Kansas, Estados Unidos: Journal of Statistical Software.

- Terrádez, M. (2001). *Análisis de Componentes Principales*. Obtenido de http://www.uoc.edu/in3/emath/docs/Componentes_principales.pdf
- Universidad de Alicante. (2015). *Estadística descriptiva y test de normalidad*. Obtenido de <http://web.ua.es/es/lpa/docencia/analisis-estadistico-de-datos-geoquimicos-con-r/estadistica-descriptiva-y-test-de-normalidad.html>
- Villar, P. (2000). *Introducción al estudio de comunidades: La diversidad biológica*. Obtenido de <http://www3.uah.es/pedrovillar/Docencia/Ecologia%20Grado%20Biologia/Archivos/Temas/Ficheros%20de%20MAR/TransparenciasTema14Introduccioncomunidades.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1

PASOS PARA UTILIZAR LA RED SURBER

1. Seleccionar un área con sustrato uniforme al azar, que permita colocar la red sin inconvenientes. La red debe estar paralela a la corriente, con la manga aguas abajo. Ubicarse del lado que da a la orilla y sostener el marco sumergido pisándolo con un pie.
2. Tomar las piedras, troncos y elementos del sustrato que se encuentran dentro del marco y lavarlos a contracorriente con las manos o un cepillo suave, revisando que no queden organismos adheridos y que ingresen a la manga de la red.
3. Estandarizar el tiempo de manipulación para todas las estaciones de muestreo. Aproximadamente 5 minutos. Remover la grava y sedimentos hasta una profundidad de 5 cm para provocar la salida de los organismos bentónicos.
4. Levantar la red y llevarla a la orilla para extraer el material obtenido. Con la mano empujar la manga desde su cara externa y depositar el material en una bandeja o recipiente blanco. Ayudarse de un recipiente con agua para lavar la red y extraer los organismos que hayan quedado adheridos.
5. Ubicar la red en un nuevo sitio elegido al azar y repetir las acciones anteriores

ANEXO 2

DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (Método de digestión en reactor)

MATERIALES

- 1 Vaso de precipitación, 250 ml.
- Contenedor de envío opaco para almacenar tubos de reactivo fotosensibles, no utilizados
- 2 Pipetas volumétricas 2,00 ml.
- 1 Estante de tubos de ensayo
- 1 Protector de luz
- 1 Varilla agitadora y agitador magnético

EQUIPOS

- Espectrofotómetro HACH DR2700
- Digestor (Reactor DRB200)

REACTIVOS

- Muestra de agua
- Agua desionizada
- Tubos de reactivo de digestion DQO

PROCEDIMIENTO:

1. Homogeneizar 100 mL de muestra durante 30 segundos en una mezcladora. Para muestras que contengan grandes cantidades de sólidos, aumentar el tiempo de homogeneización. Si la muestra no contiene sólidos suspendidos, omitir los pasos 1 y 2.
2. Para el rango de 200–15,000 mg/L o para mejorar la precisión y la reproducibilidad de otros rangos, verter la muestra homogeneizada en un vaso de precipitados de 250-mL y remover suavemente con una placa agitadora magnética.
3. Encender el reactor DRB200. Precalentar a 150 °C. Véase el Manual de usuario del DRB200 para seleccionar aplicaciones de temperatura preprogramada.
4. Quitar las tapas de los tubos de reactivo de digestión de DQO. (Cerciorarse de utilizar los tubos para el rango adecuado.)

5. **Muestra preparada:** Sujetar un tubo a un ángulo de 45-grados. Utilizar una pipeta volumétrica limpia para añadir 2.00 mL de muestra al tubo. Utilizar una pipeta TenSette, para añadir 0.20 mL para el rango 200–15,000 mg/L.
6. **Preparación del blanco:** Sujetar otro tubo a un ángulo de 45-grados. Utilizar una pipeta volumétrica limpia para añadir 2.00 mL de agua desionizada al tubo. Utilizar una pipeta TenSette para añadir 0.20 mL para el rango 200–15,000 mg/L.
7. Tapar bien los tubos. Enjuagarlos con agua y limpiarlos con una toalla de papel limpia.
8. Sujetar los tubos por la tapa sobre una pila. Voltarlo varias veces para mezclar. Colocar los tubos en el reactor DRB200 precalentado. Cerrar la tapa protectora. Los tubos de muestra se calentarán mucho durante la mezcla.
9. Calentar los tubos durante dos horas.
10. Encender el reactor. Esperar unos 20 minutos a que los tubos se enfríen hasta 120 °C o menos.
11. Voltar los dos tubos varias veces mientras sigan calientes. Colocar los tubos en un estante y enfriar a temperatura ambiente. Pasar a
Determinación colorimétrica Método 8000.
Determinación colorimétrica Método 8000.
12. Seleccionar el análisis de rango ultrabajo, rango bajo o rango alto. Colocar el protector de luz en el compartimiento n.º 2 de la cubeta.
13. Limpiar el exterior de los tubos, primero con una toalla húmeda y luego con una seca.
14. Colocar el blanco en el soporte portacubetas de 16-mm.
15. Seleccionar en la pantalla: **Cero** La pantalla indicará: **0.0 mg/L DQO**
16. Colocar el tubo de la muestra en el soporte portacubetas de 16-mm.
17. Seleccionar en la pantalla: **Medición** Los resultados se expresan en **mg/L DQO**.

ANEXO 3

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DBO₅ (Método Winkler-CICAM)

MATERIALES

- Botellas de incubación (Winkler de 300 ml)
- Probetas de 1000 ml
- Pipetas volumétricas, calibradas
- Balones aforados, calibrados
- Pipetas serológicas, calibradas
- Botellón de 20 litros de capacidad
- Varilla tipo émbolo

EQUIPOS

- Incubadora de aire, calibrada a 20 °C
- Medidor de Oxígeno Disuelto
- Aireador

REACTIVOS

- Solución tampón de fosfato: Disolver 8,5 g de KH_2PO_4 , 21,75 g de K_2HPO_4 , 33,4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ y 1,7 g de NH_4Cl en aproximadamente 500 ml de agua destilada y diluir a 1 l. El pH debe ser 7,2 sin posteriores ajustes. Si se presenta alguna señal de crecimiento biológico, descartar este o cualquiera de los otros reactivos.
- Solución de sulfato de magnesio: Disolver 22,5 g de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y diluir a 1 l.
- Solución de cloruro de calcio: Disolver 27,5 g de CaCl_2 en agua destilada y diluir a 1 l.
- Solución de cloruro férrico: Disolver 0,25 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada, diluir a 1 l.
- Soluciones ácida y alcalina, 1 N, para neutralización de muestras cáusticas o ácidas.

Ácido: A un volumen apropiado de agua destilada agregar muy lentamente y mientras se agita, 28 ml de ácido sulfúrico concentrado; diluir a 1 l.

Álcali: Disolver 40 g de hidróxido de sodio en agua destilada y diluir a 1 l.

- Solución de sulfito de sodio: Disolver 1,575 g de Na_2SO_3 en 1000 ml de agua destilada. Esta solución no es estable y se debe preparar diariamente.
- Inhibidor de nitrificación: 2-cloro-6-(triclorometil) piridina, sólido.
- Solución de cloruro de amonio: Disolver 1,15 g de NH_4Cl en 500 ml de agua destilada, ajustar el pH a 7,2 con solución de NaOH y diluir a 1 l. La solución contiene 0,3 mg de N/ml.
- Para muestras saturadas o menos que saturadas: Disolver 500 g NaOH (o 700 g KOH) y 135 g NI (o 150 g de KI) en agua destilada y diluir a 1 l. Añadir 10 g NaN_3 disueltos en 40 ml de agua destilada. Las sales de potasio y sodio pueden intercambiarse. Este reactivo no debe dar color con la solución de almidón cuando se diluya y acidifique.
- Para muestras sobresaturadas: Disolver 10 g NaN_3 en 500 ml de agua destilada. Añadir 480 g NaOH y 750 g de yoduro de sodio y agitar hasta disolución. Se producirá una turbidez blanca debido al carbonato de sodio Na_2CO_3 , pero que no es perjudicial. PRECAUCIÓN: No acidificar esta solución porque se pueden producir humos de ácido hidrozóico.
- Solución de $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 0,025 N: Tomar 43,7 ml de la solución patrón certificada, diluir con agua destilada hasta 100 ml.
- Muestra de agua
- Agua Desionizada

PROCEDIMIENTO:

Preparación del Inóculo

1. Colocar 50 ml del sobrenadante del agua del Machángara (decantado por al menos 1 hora) en un vaso plástico
2. Añadir 10 gotas de la muestra a analizar (previamente regulado su pH entre 6,5 y 7,5 con las soluciones ácida o álcali 1 N). Incubar a 20 °C durante 30 min.
3. Añadir 5 gotas de la muestra e incubar durante 1 hora.
4. Añadir 5 gotas de la muestra e incubar a 20 °C por 24 horas.

Técnica de Dilución

Las diluciones deben ser tales, que permitan obtener al cabo de los 5 días de incubación, un oxígeno residual de al menos 1 mg/l y una captación de oxígeno de al menos 2 mg/l, en otras palabras, se espera un consumo de aproximadamente 4 mg/l del OD presente en la botella al inicio de la prueba. Para estar en estos rangos, es necesario emplear una fracción volumétrica adecuada, que permita realizar los cálculos de las tres diluciones necesarias para la ejecución del análisis. Esta fracción se calcula a partir de la relación entre los valores de DBO₅ y DQO, esta relación es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En bibliografía se encuentra, que el valor teórico de DBO₅ es la mitad del valor del DQO presente en la muestra, es decir, la relación de DBO₅/DQO es de 0,5. Sin embargo, esta relación no es fija. En aguas residuales, se interpreta un valor de la relación DBO₅/DQO menor de 0,2 para un vertido de tipo inorgánico, mientras que para un vertido tipo orgánico (fácilmente biodegradable) se considera una relación mayor de 0,6. Para las aguas domésticas, la relación DBO₅/DQO oscila entre 0,4 y 0,8. Las aguas estabilizadas biológicamente tienen una relación DBO₅/DQO=0,12. Es necesario antes de realizar el análisis, tener un conocimiento previo de la procedencia de la muestra, para determinar con criterio la DBO₅ esperada de la muestra.

Para el ejemplo de cálculo de la fracción volumétrica se parte de la siguiente ecuación, con las debidas consideraciones que esta relación tiene de acuerdo al tipo de muestra analizada.

$$\frac{DBO_5 \text{teórico}}{DQO} = 0,5 \quad \text{ó} \quad \frac{DBO_5 \text{teórico}}{2} = DQO$$

Entonces, la fracción volumétrica de la muestra se calcula con la ecuación

$$\text{fracción volumétrica} = \frac{4}{DBO_5 \text{teórico}}$$

Puesto que la ecuación depende del DBO₅ esperado en la muestra, basado en el criterio del analista, es necesario comprender un amplio rango donde se encuentre la DBO₅ real de la muestra, para lo cual se toma el 0,5 y 1,5 de la fracción volumétrica calculada. El volumen de la muestra de cada dilución se calcula multiplicando estos valores por el volumen de aforo (probeta de 1000 ml

donde se realizan las diluciones), tal como se indica en las ecuaciones de las diluciones:

Dilución 1 = fracción volumétrica $\times 1000 \times 0,5$ (ml de muestra)

Dilución 2 = fracción volumétrica $\times 1000 \times 1,0$ (ml de muestra)

Dilución 3 = fracción volumétrica $\times 1000 \times 1,5$ (ml de muestra)

Para valores de DBO₅ menores o iguales a 4 mg/l, no se realizará diluciones de la muestra, debido al volumen total que se requeriría de acuerdo a los cálculos arriba descritos.

Preparación del agua de dilución

Para muestras que requieren dilución

1. Se realizan tres diluciones por cada muestra, cada dilución se prepara en una probeta de 1000 ml, más aproximadamente 600 ml necesarios para el blanco, por tanto, se requieren preparar al menos 4 litros de agua de dilución para el procedimiento de análisis. Colocar la cantidad de agua destilada necesaria en el botellón
2. Añadir por cada litro de agua destilada (referirse al paso anterior), ml de cada una de las siguientes soluciones (también denominadas nutrientes): solución tampón, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico.
3. Llevar el agua a 20°C antes de su uso. Saturarla por burbujeo de aire, durante 30 min. y dejar estabilizar por 30 min.
4. Adicionar 0,5 ml del inóculo por cada litro de agua destilada.
5. Añadir 10 mg de inhibidor de nitrificación por cada litro de agua luego de su estabilización. Es posible que el inhibidor se disuelva lentamente.

Para muestras que requieren dilución

1. Se requiere preparar al menos 2 litros de agua de dilución. Esto debido a que se llenarán seis botellas de DBO₅ (3 para el OD inicial y tres para el OD final de la muestra), por tanto, se requieren preparar al menos 2 litros de agua de dilución para el procedimiento de análisis. El número de réplicas puede variar según el criterio del analista. Colocar la cantidad de muestra necesaria en el botellón.

2. Regular el pH de la muestra entre 6,5 y 7,5 con una solución de NaOH o H_2SO_4 1 N (la cantidad de reactivo adicionado, no debe diluir la muestra en más de 0,5%). Regular la temperatura de la muestra a 20 °C si es necesario.
3. Añadir por cada litro de muestra (referirse al litera a)), 1 ml de cada una de las siguientes soluciones (también denominadas nutrientes): solución tampón, sulfato de magnesio, cloruro de calcio y cloruro férrico.
4. Añadir 0,5 ml del inóculo por cada litro de muestra.
5. Saturar la muestra por burbujeo de aire filtrado libre de materia orgánica, durante 30 min y dejar estabilizar por 30 min.
6. Añadir 10 mg de inhibidor de nitrificación por cada litro de muestra luego de su estabilización. Es posible que el inhibidor se disuelva lentamente. NOTA 1: Proceder de la misma manera si el volumen requerido para la dilución (referirse a la técnica de dilución) supera el 60% del volumen de la probeta donde se realizan las diluciones, es decir, para valores de DBO_5 esperado que sean menores a 4 mg/l, el analista deberá decidir si para valores cercanos a 4 mg/l, se realiza el análisis sin dilución de la muestra en función de los resultados obtenidos de los cálculos de la técnica de dilución, debido al volumen total requerido.

Tratamiento previo de la muestra

Muestras con compuestos residuales de cloro

Evitar las muestras que contengan cloro residual; para ello se recomienda tomar la muestra antes del proceso de cloración; si la muestra ha sido clorada pero no presenta cloro residual detectable, realizar el inóculo; si hay cloro residual, declorar la muestra y proceder a realizar el inóculo. En algunas muestras, el cloro se elimina si se deja la muestra 1 o 2 h a la luz, lo cual puede suceder durante el transporte y manejo de la muestra. Para muestras en las cuales el cloro residual no se disipa en un tiempo razonablemente corto, eliminar el cloro residual por adición de la solución de Na_2SO_3 . El volumen de Na_2SO_3 requerido se determina en una porción de 100 a 1.000 ml de la muestra, previamente neutralizada, por la adición de 10 ml de ácido acético 1+1 o H_2SO_4 1+50, 10 ml (relación de volúmenes) de solución de yoduro de

potasio (10 g KI/100 ml), por cada 1000 ml de muestra; el volumen resultante se titula con la solución de Na_2SO_3 hasta su punto final, determinado por el indicador almidón-yodo. Se agrega a la muestra neutralizada, el volumen relativo de solución de Na_2SO_3 determinado, se mezcla bien y se deja en reposo cerca de 10 a 20 minutos. Ensayar la muestra para determinar el cloro residual. (Un exceso de Na_2SO_3 en la muestra, consume oxígeno y reacciona con ciertas cloraminas orgánicas que pueden estar presentes en muestras tratadas).

Muestras contaminadas con sustancias tóxicas

Las muestras de aguas residuales provenientes de industrias, por ejemplo electroquímicas, contienen metales tóxicos. Estas muestras requieren de estudios especiales y deben ser tratadas antes de medirles la DBO_5 .

Muestras sobresaturadas con OD

En muestras procedentes de aguas muy frías o de aguas en que la producción primaria es alta, los valores de OD a 20°C suelen ser mayores de 9 mg de OD/l. Para prevenir pérdidas de oxígeno durante la incubación, llevar la temperatura de la muestra a $20 \pm 3^\circ\text{C}$ en una botella parcialmente llena, mientras se sacude fuertemente o se burbujea aire.

Análisis de la muestra

Para muestras que requieren dilución

1. Seleccionar el volumen de muestra necesario para el ensayo, (referirse a la técnica de dilución). Regular el pH de la muestra entre 6,5 y 7,5 con una solución de NaOH o H_2SO_4 1 N, (la cantidad de reactivo adicionado, no debe diluir la muestra en más de 0,5%).
2. Regular la temperatura de la muestra a 20°C antes de realizar el ensayo.
3. Trasvasar el agua de dilución cuidadosamente mezclada, hasta llenar la mitad de la probeta de 1000 ml, procurando burbujear lo menos posible, para ello, se recomienda colocar la llave del botellón pegado a la pared de la probeta para que el agua se deslice por la pared y evitar la entrada de aire.
4. Agregar la cantidad de muestra correspondiente al volumen necesario para la dilución 1 (referirse a la técnica de dilución), completar el

volumen de la probeta con agua de dilución procurando introducir en el sistema la menor cantidad de aire posible, tanto al agregar la muestra como el agua de dilución (tener la misma consideración de llenado que en el literal 3 de esta sección).

5. Mezclar con ayuda de una varilla tipo émbolo, llevando la varilla de arriba hacia abajo, por al menos 10 veces, evitando la entrada de aire.
6. Trasvasar la dilución de la probeta a dos botellas de DBO_5 , teniendo el mismo cuidado de evitar la entrada de aire. Dejar estabilizar por 15 min antes de tapar las botellas.
7. Llenar botellas de DBO_5 con agua de dilución, estas botellas constituyen los blancos, que permiten verificar la calidad del agua de dilución a través del consumo de oxígeno disuelto del blanco. Dejar estabilizar por 15 min antes de tapar las botellas.
8. Repetir los pasos 3, 4, 5 y 6 para las dos diluciones restantes de la muestra (referirse a la técnica de dilución). En total se tendrán 3 botellas en total más una botella para el blanco.
9. Determinar el oxígeno disuelto inicial de las muestras y del blanco e incubar por 5 días a 20°C las restante tres botellas y el blanco. El OD se determina utilizando el medidor de Oxígeno Disuelto calibrado.
10. Determinar el OD final de la muestra y del blanco transcurrido los 5 días de incubación (± 4 horas).
11. Registrar los valores y realizar el cálculo de DBO_5 . Reportar el promedio de las tres diluciones como resultado final.

Para muestras que no requieren dilución

1. Trasvasar el agua de dilución (preparada según el procedimiento descrito para la preparación de agua de dilución cuando la muestra no requiere dilución) a tres botellas de DBO_5 procurando burbujear lo menos posible, para ello se recomienda colocar la llave del botellón pegado a la pared del Winkler para que el agua se deslice por la pared y evitar la entrada de aire. Dejar estabilizar por 15 min antes de tapar las botellas.
2. Determinar el OD inicial, e incubar las otras tres por 5 días a 20°C .

3. Para determinar el consumo de OD del blanco, preparar un litro de agua de dilución (de acuerdo al procedimiento descrito para la preparación de agua de dilución para muestras que requieren dilución).
4. Trasvasar el agua de dilución a una botella de DBO₅ con las mismas indicaciones del literal 1 para evitar la entrada de aire.
5. Determinar el OD inicial del blanco e incubar por 5 días a 20 °C.
6. Determinar el OD final de las muestras y del blanco transcurrido los 5 días de incubación (± 4 horas).
7. Registrar los valores y realizar el cálculo de DBO₅. Reportar el promedio de las tres mediciones como resultado final.

Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Cuando no se realiza dilución de la muestra

$$DBO_5 \text{ (mg/l)} = ((D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)) * f$$

Donde:

D₁ = OD de la muestra antes de la incubación, mg/l

D₂ = OD de la muestra después de la incubación, mg/l

B₁ = OD del blanco antes de la incubación, mg/l

B₂ = OD del blanco después de la incubación, mg/l

f = Factor de dilución

Cuando se realiza dilución de la muestra

$$DBO_5 \text{ (mg/l)} = ((D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)) * V_A/V_{Dil} * f$$

Donde:

D₁ = OD de la muestra antes de la incubación, mg/l

D₂ = OD de la muestra después de la incubación, mg/l

B₁ = OD del blanco antes de la incubación, mg/l

B₂ = OD del blanco después de la incubación, mg/l

f = Factor de dilución

V_A = Volumen de aforo donde se realiza la dilución (volumen de la probeta), ml

V_{Dil} = Volumen de dilución, ml

ANEXO 4

NITRATOS NO_3^- - Método de reducción de Cadmio (0,2 – 30,0 mg/l)

MATERIALES

- 2 Cubetas de análisis, cuadradas, de una pulgada, 10-mL
- 2 Vasos de precipitación
- Tapón para cubeta

EQUIPOS

- Espectrofotómetro HACH DR2700

REACTIVOS

- Muestra de agua
- Reactivo NitraVer 5 (sobre)

PROCEDIMIENTO:

1. Seleccionar el test 355 N Nitrato RA PP de la lista programas almacenados en el espectrofotómetro.
2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra
3. **La muestra preparada:** añadir el contenido de un sobre de reactivo de nitrato NitraVer 5 en polvo a la cubeta. Tapar la cubeta.
4. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un período de reacción de 1 minuto.
5. Agitar vigorosamente la cubeta hasta que suene el temporizador.
6. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un período de reacción de 5 minutos. En presencia de nitrato, aparecerá un color ámbar.
7. **Preparación del blanco:** después de que suene el temporizador, llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra.
8. Limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
9. Seleccionar en la pantalla: **Cero**. La pantalla indicará: **0.0 mg/L NO_3^- —N**.

10. En el transcurso de 1 minuto desde que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
11. Seleccionar en la pantalla: **Medición**. El resultado aparecerá en **mg/L NO₃—N**

ANEXO 5

**FÓSFORO REACTIVO (ORTOFOSFATO PO_4^{3-}) - Método de ácido ascórbico
(0,02 – 2,50 mg/l)**

MATERIALES

- 2 Cubetas de análisis, cuadradas, de una pulgada, 10-mL
- 2 Vasos de precipitación
- Tapón para cubeta

EQUIPOS

- Espectrofotómetro HACH DR2700

REACTIVOS

- Muestra de agua
- Reactivo PhosVer 3 (sobre)

PROCEDIMIENTO:

1. Seleccionar el test 490 P react. PV de la lista programas almacenados en el espectrofotómetro.
2. Llenar una cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra
3. **La muestra preparada:** añadir el contenido de un sobre de reactivo de PhosVer 3 en polvo. Tapar la cubeta inmediatamente y agitar vigorosamente durante 30 segundos para mezclar.
4. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un período de reacción de 2 minutos. Si la muestra fue sometida a digestión mediante el procedimiento de digestión para ácido persulfato, dejar 10 minutos de tiempo de reacción.
5. **Preparación del blanco:** llenar otra cubeta cuadrada de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con muestra.
6. Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.
Seleccionar en la pantalla: **Cero**. La pantalla indicará: **0.00 mg/L PO_4^{3-}**
7. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la

derecha. Seleccionar en la pantalla: **Medición**. El resultado aparecerá en **mg/L PO₄³⁻**

ANEXO 6

NITRÓGENO AMONIAICAL (Método Nessler) (0,02 – 2,50 mg/l)

MATERIALES

- 2 Cubetas de análisis, cuadradas, de una pulgada, 10-mL
- 2 Vasos de precipitación
- 2 Tubos mezclador graduado o probeta de 10 ml.
- 2 Pipeta serológica 1 ml.

EQUIPOS

- Espectrofotómetro HACH DR2700

REACTIVOS

- Muestra de agua
- Agua Desionizada
- Reactivo Estabilizante Mineral
- Agente dispersante alcohol poli vinílico
- Reactivo Nessler

PROCEDIMIENTO:

1. Seleccionar el test 380 N, amoniacal Ness. de la lista programas almacenados en el espectrofotómetro.
2. **La muestra preparada:** llenar un tubo mezclador graduado de 25-mL hasta la marca de 25-mL con muestra.
3. **Preparación del blanco:** llenar otro tubo mezclador graduado de 25-mL hasta la marca de 25-mL con agua desionizada.
4. Añadir tres gotas de estabilizante mineral a cada tubo. Tapar los tubos y agitar varias veces para mezclar.
5. Añadir tres gotas de agente dispersante alcohol polivinílico a cada tubo. Tapar los tubos y agitar varias veces para mezclar.
6. Pipetear 1.0 mL de reactivo Nessler en cada tubo. Tapar los tubos y agitar varias veces para mezclar.
7. Seleccionar en la pantalla el símbolo de temporizador y pulsar OK. Comienza un período de reacción de 1 minuto.
8. Llenar dos cubetas cuadradas de una pulgada de 10-mL hasta la marca de 10-mL con solución de los tubos.

9. Después de que suene el temporizador, limpiar bien el exterior de la cubeta (el blanco) y colocar el blanco en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha. Seleccionar en la pantalla: **Cero**.

La pantalla indicará: **0.00 mg/L NH₃-N**

10. Limpiar bien el exterior de la cubeta (la muestra preparada) y colocar la cubeta en el soporte portacubetas con la marca de llenado hacia la derecha.

11. Seleccionar en la pantalla: **Medición** El resultado aparecerá en **mg/L NH₃-N**

ANEXO 7

DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS

MATERIALES

- Crisol tarado
- Vaso de precipitación
- Pipeta
- Pinzas
- Filtro de 1,2 micrómetros tarado
- Desecador

EQUIPOS

- Balanza Analítica
- Estufa con regulación de temperatura
- Mufla Eléctrica
- Equipo de filtración
- Bomba de vacío o sistema de vacío

REACTIVOS

- Muestra de agua

PROCEDIMIENTO:

Parte A: Sólidos Totales.

1. Encender la estufa a una temperatura entre 103 °C y 105 °C.
2. Registrar el peso inicial de un crisol previamente tarado (P_0').
3. Medir 50 ml de muestra y colocar en el crisol (V_{m_1}).
4. Colocar el crisol en la estufa y evaporar hasta sequedad (24 horas)
5. Llevar el crisol al desecador y permitir que se enfríe hasta temperatura ambiente.
6. Registrar el nuevo peso del crisol (P_1').
7. Encender la estufa a 550 ± 5 ° C.
8. Colocar el crisol en la mufla a durante 20 minutos.
9. Enfriar gradualmente el crisol: llevar el crisol a la estufa (105 °C) y luego al desecador hasta llegar a la temperatura ambiente.
10. Registrar el nuevo peso del crisol (P_2')

Parte B: Sólidos suspendidos

1. Registrar el peso del papel filtro sobre un crisol tarado (P_{f+c}).
2. Armar el equipo de filtración al vacío colocando el filtro sin tocarlo con los dedos.
3. Filtrar una muestra de 50 ml de agua (Vm_2).
4. Colocar el filtro sobre el crisol en el que se pesó inicialmente y colocar en una estufa a 105°C , aproximadamente 24 horas.
5. Colocar en el desecador hasta que se enfríe hasta temperatura ambiente.
6. Registrar el nuevo peso del papel filtro (P_{f+c}')

Parte C: Sólidos disueltos

1. Registrar el peso inicial de un crisol previamente tarado (P_0).
2. Armar el equipo de filtración.
3. Filtrar 50 ml de una muestra de agua.
4. Medir 50 ml de muestra filtrada, colocar en el crisol y evaporar hasta sequedad (Vm_3) aproximadamente 24 horas.
5. Llevar el crisol al desecador y permitir que se enfríe hasta temperatura ambiente.
6. Pesar (P_1)
7. Colocar el crisol en la mufla a 550°C , durante 20 minutos.
8. Llevar el crisol al desecador y permitir que se enfríe hasta temperatura ambiente.
9. Registrar el nuevo peso del crisol (P_2)

CÁLCULOS
RELACIONES PARA LA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS EN UNA MUESTRA
DE AGUA

Sólidos Disueltos Totales (SDT)	$SDT = \frac{P_1 - P_0}{Vm_3}$
Sólidos Totales (ST)	$ST = \frac{P_1' - P_0'}{Vm_1}$
Sólidos Suspendidos (SS)	$SS = ST - SDT$
Sólidos Disueltos Volátiles (SDV)	$SDV = \frac{P_1 - P_2}{Vm_3}$
Sólidos Totales Volátiles (STV)	$STV = \frac{P_1' - P_2'}{Vm_1}$
Sólidos Totales Fijos (STF)	$STF = \frac{P_2' - P_0'}{Vm_1}$
Sólidos Totales (ST)	$ST = \frac{P_1' - P_0'}{Vm_1}$
Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV)	$SSV = STV - SDV$
Sólidos Suspendidos Fijos (SSF)	$SSF = STF - SDF$

ANEXO 8

Ejemplo práctico de construcción de una curva de acumulación de especies con modelos no lineales, ajuste de la función descriptiva

Para ilustrar el proceso de construcción de una curva de acumulación de especies y el ajuste de la función que la describe, esta aplicación se la realizó con el inventario de las arañas de las familias Araneidae y Thomisidae en un coscojar del centro de la Península Ibérica durante la primera semana de Junio de 2003. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Primeramente, debemos construir la matriz de datos, una matriz en la que las filas representan las especies y las columnas las unidades de esfuerzo de muestreo. Esta matriz puede contener datos de abundancia o, simplemente, presencias (1) y ausencias (0), ya que la curva de acumulación únicamente representa la adición de especies, independientemente del número de individuos que aporten. El archivo se guarda en formato TXT (en, por ejemplo, el Bloc de Notas de Windows).
2. El archivo se carga en el programa EstimateS y se introduce el número de aleatorizaciones deseadas (recomendamos un mínimo de 100).
3. De la tabla de resultados nos interesan las dos primeras columnas: el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas.
4. Estos resultados se exportan a un programa de tratamiento estadístico de datos (ESTADISTICA), y se accede al módulo de Estimación No Lineal en la opción de estadística dentro de MODELOS AVANZADOS NO LINEALES O LINEALES.
5. En el submódulo que permite al usuario introducir un modelo matemático concreto, se escribe la función deseada según la notación específica del programa empleado. Se puede trabajar con el modelo de Clench o la ecuación exponencial negativa.
6. Seguidamente se selecciona el método de ajuste o de estimación de los parámetros del modelo. Emplearemos el método de Simplex and Quasi Newton.
7. En la tabla resultado que brinda el programa, se observa el valor de R^2 , el cual se lo toma como parámetro de decisión y comprobación del modelo no lineal trabajar. Luego en la opción RESUMEN DE PARAMETROS DE ESTIMACION, se observan los valores de a y b.

ANEXO 9

SCRIPT DESARROLLADO EN R STUDIO – EJEMPLO EN CONDICION 1

```

###Caracterizacion de la Variable###
summary(pre_temp1_fisiquim)
medtend_pre_temp1_fisiquim<- summary(pre_temp1_fisiquim)
medtend_pre_temp1_fisiquim
write.table(medtend_pre_temp1_fisiquim)
##Abundancia##
par(mfrow=c(1,3))
pre_temp1_fisiquim[,25]
hist(pre_temp1_fisiquim[,25],main = "Abundancia en Condicion 1",xlab =
"Abundancia",ylab = "Frecuencias",col=02)
boxplot(pre_temp1_fisiquim[,25],main = "Abundancia en Condicion 1",ylab =
"Numero de Individuos",col=04)
sd(pre_temp1_fisiquim[,25])
var(pre_temp1_fisiquim[,25])
length(pre_temp1_fisiquim[,25])
table(pre_temp1_fisiquim[,25])/length(pre_temp1_fisiquim[,25])
write.table(pre_temp1_fisiquim[,25])/length(pre_temp1_fisiquim[,25])
##Diversidad##
par(mfrow=c(1,3))
pre_temp1_fisiquim[,26]
hist(pre_temp1_fisiquim[,26],main = "Diversidad en Condicion 1",xlab =
"Diversidad",ylab = "Frecuencias",col=07)
boxplot(pre_temp1_fisiquim[,26],main = "Diversidad en Condicion 1",ylab =
"Numero de Especies",col=03)
sd(pre_temp1_fisiquim[,26])
var(pre_temp1_fisiquim[,26])
length(pre_temp1_fisiquim[,26])
table(pre_temp1_fisiquim[,26])/length(pre_temp1_fisiquim[,26])
write.table(pre_temp1_fisiquim[,26])/length(pre_temp1_fisiquim[,26])
##Sest##
par(mfrow=c(1,3))
pre_temp1_fisiquim[,27]

```

```
hist(pre_temp1_fisiquim[,27],main = "S estimado en Condicion 1",xlab =
"S",ylab = "Frecuencias",col=10)
boxplot(pre_temp1_fisiquim[,27],main = "S estimado en Condicion 1",ylab =
"S",col=14)
sd(pre_temp1_fisiquim[,27])
var(pre_temp1_fisiquim[,27])
length(pre_temp1_fisiquim[,27])
table(pre_temp1_fisiquim[,27])/length(pre_temp1_fisiquim[,27])
write.table(pre_temp1_fisiquim[,27])/length(pre_temp1_fisiquim[,27])
##Analisis de Componentes Principales##
pre_temp1_fisiquim_solo
str(pre_temp1_fisiquim_solo)
acp_pretemp1fisiquim <-prcomp(pre_temp1_fisiquim_solo)
acp_pretemp1fisiquim
summary(acp_pretemp1fisiquim)
par(mfrow=c(1,2))
plot(acp_pretemp1fisiquim,main = "Analisis de Componentes Principales
Condicion 1",xlab = "Componentes",col=02)
res_acp_pretemp1fisiquim<-acp_pretemp1fisiquim$x[,1]
res_acp_pretemp1fisiquim
write.table(res_acp_pretemp1fisiquim)
str(res_acp_pretemp1fisiquim)
##Prueba de Normalidad##
shapiro.test(res_acp_pretemp1fisiquim)
##Correlacion abundancia y diversidad con fisiquim##
pre_temp1_fisiquim
cor(pre_temp1_fisiquim)
cor_pre_temp1_fisiquim<- cor(pre_temp1_fisiquim)
cor_pre_temp1_fisiquim
write.table(cor_pre_temp1_fisiquim)
pre_temp1_fisiquim[,25]
##Correlacion Analisis Componentes Principales##
names(acp_pretemp1_abdis)
cor(acp_pretemp1_abdis[,1:4])
```

```
##Correlacion Familia con ACP##  
familias_acp_pretemp1  
names(familias_acp_pretemp1)  
cor(familias_acp_pretemp1)  
write.table(cor(familias_acp_pretemp1))  
##Correlacion Total##  
total_pretemp1  
names(total_pretemp1)  
cor(total_pretemp1)  
write.table(cor(total_pretemp1))
```


ANEXO 10

VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 1

Código de Muestra	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	TDS (mg/l)	p H	Oxígeno Disuelto (mg/l)	OD Sat (% sat)
A1	14	202	106,5	7,57	11,29	75,7
A2	13,3	202,9	109,6	7,6	11,52	75,9
A3	12,6	198,9	107,4	7,68	11,67	76,4
A4	12,3	202,6	109,4	7,4	10,27	66,2
A5	12,2	190,4	102,8	7,42	10,24	66,9
A6	12,3	205,8	111,1	7,48	10,22	66,2
A7	13,4	202,8	109,5	7,44	10,8	62,1
A8	12,8	194,9	105	7,5	10,94	70,2
A9	12,7	203,6	110,2	7,48	10,96	69,6
A10	11,6	213,4	115,6	7,32	10,38	68,1
A11	11,8	214,3	115,8	7,36	10,48	67,8
A12	11,8	214,9	116,1	7,41	10,51	68,3
A13	11,6	214,6	115,9	7,3	10,78	69,3
A14	11,7	214,6	115,9	7,35	10,75	68,4
A15	12,3	214,1	115,2	7,32	10,41	68,7
A16	11,5	214,4	116,1	7,29	10,24	70,3
A17	12	216,3	112,3	7,33	10,75	70,9
A18	11,6	213	115,4	7,25	11,04	70,6
A19	11,9	220,3	119	8,21	9,52	60,2
A20	11,9	220,3	119	8,3	9,26	59,4
A21	11,4	219,7	119,2	8,25	9,45	59,9
A22	12,6	217,2	117	8,32	9,59	63,8
A23	13	217,9	117,6	8,39	9,44	63,1
A24	13,2	217,2	117,6	8,36	9,29	61,7
A25	12,4	217,3	117,5	8,32	9,2	61,9
A26	12,1	218,5	118	8,34	9,29	61,4
A27	11,7	218	118	8,35	9,51	61,9
A28	11,8	221,3	112,4	8,44	9,24	58
A29	11,8	213,2	115,2	8,51	9,06	56,1
A30	11,8	220,8	119,3	8,43	9,37	59,6
A31	10,9	221,5	119,6	8,36	8,96	55,9
A32	11,4	221,5	119,4	8,4	9,13	57,9
A33	11,4	222,3	120	8,44	9,23	57,8
A34	11,1	221,7	119,8	8,3	9,09	56,3
A35	11,2	222,5	119,8	8,3	8,95	56,3
A36	11,7	222,5	119,6	8,3	9,09	59,7

**VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 1
(CONTINUACIÓN)**

Código de Muestra	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	Resistividad (kohm)	NaCl (ppm)	DBO ₅ (mg/l)
A1	1,006	0,6	0,17	4,556	90,88	4,1
A2	0,526	0,2	0,18	4,562	101,8	4,1
A3	0,8	0,3	0,21	4,654	99,83	4,1
A4	0,85	0,1	0,22	4,57	102,3	4,1
A5	0,62	0,3	0,2	4,86	95,8	4,1
A6	0,923	0,1	0,21	4,5	103,6	4,1
A7	1,026	0,2	0,24	4,55	96,2	4,1
A8	1,473	0,4	0,21	4,78	98,49	4,1
A9	1,736	0,4	0,19	4,54	103,4	4,1
A10	0,85	0,6	0,22	4,32	108,3	1,21
A11	0,63	0,1	0,22	4,31	108,7	1,21
A12	0,62	0,4	0,185	4,3	108,6	1,21
A13	0,61	0,3	0,2	4,1	108,7	1,21
A14	0,62	0,3	0,22	4,31	108,7	1,21
A15	0,59	0,2	0,2	4,35	115,8	1,21
A16	0,59	0,1	0,2	4,28	108,7	1,21
A17	0,61	0,1	0,205	4,219	107,1	1,21
A18	0,93	0,1	0,2	7,9	109,3	1,21
A19	0,48	0,3	0,11	4,203	110,2	1,31
A20	0,53	0,4	0,14	4,202	110,3	1,31
A21	0,57	0,3	0,15	4,211	112,1	1,31
A22	0,54	0,7	0,13	4,27	108,9	1,31
A23	0,52	0,4	0,12	4,251	109,3	1,31
A24	0,56	0,4	0,13	4,24	109,6	1,31
A25	0,62	0,2	0,14	4,24	110,6	1,31
A26	0,52	0,4	0,15	4,236	112	1,31
A27	0,77	0,5	0,16	4,239	110,9	1,31
A28	0,42	0,3	0,11	4,18	119,5	0,6
A29	0,39	0,2	0,07	4,326	108,5	0,6
A30	0,53	0,2	0,06	4,2	112,2	0,6
A31	0,48	0,2	0,095	4,18	11,8	0,6
A32	0,4	0,3	0,14	4,38	112	0,6
A33	0,54	0,4	0,13	4,17	102	0,6
A34	0,5	0,2	0,12	4,285	111,6	0,6
A35	0,55	0,3	0,12	4,181	111,5	0,6
A36	0,49	0,2	0,12	4,257	108,7	0,6

**VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 1
(CONTINUACIÓN)**

Código de Muestra	DQO (mg/l)	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos Totales Volátiles (mg/l)	Sólidos Totales Fijos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Sólidos Disueltos Volátiles (mg/l)
A1	50	214,0	52,0	162,0	192,0	18,0
A2	50	196,0	38,0	158,0	210,0	10,0
A3	50	204,0	58,0	146,0	216,0	28,0
A4	50	222,0	52,0	170,0	198,0	20,0
A5	50	208,0	60,0	148,0	190,0	4,0
A6	50	222,0	56,0	166,0	222,0	24,0
A7	50	236,0	48,0	188,0	222,0	12,0
A8	50	242,0	56,0	186,0	200,0	18,0
A9	50	244,0	64,0	180,0	210,0	24,0
A10	38	222,0	50,0	172,0	226,0	24,0
A11	38	220,0	46,0	174,0	218,0	6,0
A12	38	214,0	52,0	162,0	228,0	24,0
A13	38	230,0	84,0	146,0	188,0	38,0
A14	38	220,0	64,0	156,0	190,0	54,0
A15	38	220,0	64,0	156,0	196,0	50,0
A16	38	232,0	60,0	172,0	184,0	40,0
A17	38	222,0	64,0	158,0	178,0	32,0
A18	38	226,0	62,0	164,0	184,0	44,0
A19	<10	216,0	64,0	152,0	188,0	36,0
A20	<10	214,0	60,0	154,0	212,0	24,0
A21	<10	214,0	62,0	152,0	186,0	34,0
A22	<10	210,0	58,0	152,0	188,0	34,0
A23	<10	210,0	56,0	154,0	182,0	30,0
A24	<10	216,0	58,0	158,0	184,0	30,0
A25	<10	214,0	14,0	200,0	164,0	50,0
A26	<10	208,0	16,0	192,0	166,0	52,0
A27	<10	230,0	64,0	166,0	168,0	36,0
A28	<10	178,0	38,0	140,0	174,0	40,0
A29	<10	206,0	60,0	146,0	172,0	46,0
A30	<10	204,0	58,0	146,0	166,0	48,0
A31	<10	210,0	62,0	148,0	168,0	56,0
A32	<10	200,0	74,0	126,0	162,0	34,0
A33	<10	202,0	58,0	144,0	168,0	46,0
A34	<10	210,0	66,0	144,0	162,0	38,0
A35	<10	194,0	56,0	138,0	170,0	40,0
A36	<10	184,0	32,0	152,0	174,0	50,0

**VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 1
(CONTINUACIÓN)**

Código de Muestra	Sólidos Disueltos Fijos (mg/l)	Sólidos Suspendedos (mg/l)	Sólidos Suspendedos Volátiles (mg/l)	Sólidos Suspendedos Fijos (mg/l)	Velocidad (m/s)	Profundidad (cm)
A1	174,0	18,0	16,0	2,0	0,305	10
A2	200,0	20,0	17,0	3,0	0,380	25
A3	188,0	20,0	20,0	0,0	0,539	39
A4	178,0	26,0	24,0	2,0	0,609	20
A5	186,0	28,0	27,0	1,0	0,897	31
A6	198,0	14,0	13,0	1,0	0,431	27
A7	210,0	22,0	20,0	2,0	0,480	20
A8	182,0	24,0	22,0	2,0	0,794	18
A9	186,0	28,0	26,0	2,0	0,513	26
A10	202,0	10,0	9,0	1,0	0,331	17
A11	212,0	24,0	20,0	4,0	0,399	37
A12	204,0	24,0	21,0	3,0	0,575	28
A13	150,0	24,0	24,0	0,0	0,681	31
A14	136,0	16,0	5,9	10,1	0,658	39
A15	146,0	16,0	11,7	4,3	0,203	27
A16	144,0	16,0	11,7	4,3	10,931	28
A17	146,0	14,0	14,0	0,0	10,500	27
A18	140,0	18,0	11,4	6,6	11,854	22
A19	152,0	4,0	4,0	0,0	0,249	15
A20	188,0	2,0	2,0	0,0	0,135	11
A21	152,0	8,0	7,0	1,0	0,249	6
A22	154,0	2,0	2,0	0,0	0,423	12
A23	152,0	6,0	6,0	0,0	0,329	5
A24	154,0	2,0	2,0	0,0	0,293	7
A25	114,0	4,0	1,0	3,0	0,294	10
A26	114,0	4,0	1,0	3,0	0,504	10
A27	132,0	8,0	7,0	1,0	0,290	5
A28	134,0	6,0	1,0	5,0	0,419	13
A29	126,0	12,0	7,6	4,4	0,159	13
A30	118,0	14,0	3,2	10,8	0,469	9
A31	112,0	28,0	1,9	26,1	0,085	10
A32	128,0	12,0	11,0	1,0	0,454	23
A33	122,0	12,0	5,7	6,3	0,207	20
A34	124,0	20,0	19,2	0,8	0,189	14
A35	130,0	8,0	8,0	0,0	0,682	6
A36	124,0	14,0	0,0	14,0	0,118	12

Elaborado por: López J.

VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 2

Código de Muestra	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	TDS (mg/l)	p H	Oxígeno Disuelto (mg/l)	OD Sat (% sat)
B1	13,2	245,9	126,7	8,28	8,57	55,7
B2	13	245,7	126,6	8,05	9,7	67,1
B3	13,2	245,9	126,4	8,25	9,66	65,4
B4	13,5	243,1	125,1	8,48	10,57	72,3
B5	13,8	244,7	125,9	8,39	10,46	71,9
B6	13,5	245,3	126,2	8,4	10,55	70,8
B7	14,2	243,11	125,2	8,47	10,35	73,7
B8	13,7	243,3	125,2	8,44	10,86	74
B9	13,5	243,5	125,3	8,46	11	73,1
B10	12,5	256,3	128,2	7,66	9,16	59,8
B11	12,6	256,2	124,9	7,81	9,11	58,2
B12	12,6	255,4	120,1	7,83	9,16	59,4
B13	12,9	246,5	123,3	7,46	9,5	61,1
B14	12,9	246	127,4	7,83	9,3	60
B15	12	254,5	126,9	7,63	9,44	61
B16	13,3	253,8	126,9	7,83	9,93	65,4
B17	13,2	254,4	127,2	7,82	9,24	61,2
B18	13,8	214,1	102,4	7,63	9,48	63,3
B19	10,8	258,3	132,6	8,77	9,67	64,3
B20	11,2	257,9	132,6	8,84	10,1	63,6
B21	11,4	257	132,7	8,88	9,98	64,6
B22	12	255,7	131,9	8,93	9,83	64,9
B23	13,6	177,2	106,6	9	9,31	64,9
B24	13	256,5	132	8,98	9,82	65,8
B25	12,5	246,3	126,7	9,03	10,07	66,2
B26	12,7	255,8	131,6	9,08	9,92	66,8
B27	13,4	252,2	130,4	8,95	9,08	65,3
B28	12,4	256,5	128,5	8,99	9,44	63
B29	12,4	258,5	128,9	8,99	9,67	62,9
B30	12,2	258,7	129	8,93	9,84	63,4
B31	13,8	255,4	127,7	8,95	9,36	63,3
B32	14	255,1	127,6	9	9,28	63,7
B33	13,7	255,7	125,8	9,05	9,35	63,6
B34	13,5	256,7	128,4	8,74	9,18	63,4
B35	13,6	244,4	101,3	8,84	9,47	63,3
B36	13,6	256,1	128,1	8,94	9,36	62,8

**VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 2
(CONTINUACIÓN)**

Código de Muestra	Fosfatos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Nitrógeno Amoniacal (mg/l)	Resistividad (kohm)	NaCl (ppm)	DBO ₅ (mg/l)
B1	0,52	0,2	0,15	3,947	128,7	4,1
B2	0,63	0,1	0,15	3,951	118,6	4,1
B3	0,57	0,2	0,13	3,956	118,5	4,1
B4	0,91	0,3	0,13	3,892	118,1	4,1
B5	0,81	0,1	0,12	3,977	119,3	4,1
B6	0,73	0,2	0,13	3,961	119,3	4,1
B7	0,78	0,2	0,12	3,995	117	4,1
B8	0,97	0,4	0,17	3,987	117,5	4,1
B9	0,75	0,3	0,15	3,985	117,5	4,1
B10	0,96	0,3	0,13	3,902	120,9	11,8
B11	0,87	0,2	0,12	3,906	120,7	11,8
B12	1,41	0,5	0,09	3,968	62,22	11,8
B13	1,21	0,3	0,11	4,057	117,2	11,8
B14	1,05	0,3	0,1	3,926	121,2	11,8
B15	0,88	0,2	0,13	3,941	119,7	11,8
B16	0,81	0,1	0,11	3,949	118,9	11,8
B17	0,86	0,3	0,12	3,936	119,1	11,8
B18	0,77	0,2	0,14	3,923	119,4	11,8
B19	0,6	0,2	0,06	3,765	124	8,34
B20	0,66	0,3	0,07	3,769	124,2	8,34
B21	0,96	0,2	0,07	3,767	123,9	8,34
B22	0,7	0,1	0,07	3,8	123,5	8,34
B23	0,64	0,2	0,05	3,801	94,15	8,34
B24	0,75	0,1	0,06	3,782	123,5	8,34
B25	0,51	0,2	0,07	3,945	117,8	8,34
B26	0,58	0,3	0,08	3,798	122,1	8,34
B27	0,69	0,3	0,06	3,826	121,4	8,34
B28	1,32	0,2	0,08	3,899	120,3	5,1
B29	0,53	0,1	0,07	3,874	114,1	5,1
B30	1,1	0,3	0,08	3,867	121,4	5,1
B31	0,82	0,2	0,07	3,905	121,8	5,1
B32	0,63	0,1	0,09	3,919	121,3	5,1
B33	0,59	0,2	0,06	3,924	121,1	5,1
B34	1,34	0,2	0,12	3,895	121,3	5,1
B35	0,54	0,3	0,08	3,988	121,2	5,1
B36	0,64	0,2	0,07	3,898	121,3	5,1

**VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 2
(CONTINUACIÓN)**

Código de Muestra	DQO (mg/l)	Sólidos Totales (mg/l)	Sólidos Totales Volátiles (mg/l)	Sólidos Totales Fijos (mg/l)	Sólidos Disueltos (mg/l)	Sólidos Disueltos Volátiles (mg/l)
B1	65	206,0	40,0	166,0	168,0	54,0
B2	65	212,0	48,0	164,0	174,0	50,0
B3	65	194,0	44,0	150,0	158,0	58,0
B4	65	200,0	38,0	162,0	164,0	58,0
B5	65	216,0	44,0	172,0	174,0	52,0
B6	65	210,0	46,0	164,0	172,0	56,0
B7	65	180,0	50,0	130,0	120,0	44,0
B8	65	254,0	76,0	178,0	164,0	68,0
B9	65	228,0	60,0	168,0	156,0	60,0
B10	96	198,0	36,0	162,0	186,0	46,0
B11	96	208,0	36,0	172,0	184,0	40,0
B12	96	202,0	34,0	168,0	186,0	38,0
B13	96	208,0	36,0	172,0	182,0	34,0
B14	96	212,0	42,0	170,0	190,0	42,0
B15	96	200,0	40,0	160,0	184,0	40,0
B16	96	208,0	44,0	164,0	182,0	38,0
B17	96	206,0	46,0	160,0	178,0	40,0
B18	96	240,0	56,0	184,0	222,0	52,0
B19	136	242,0	54,0	188,0	226,0	46,0
B20	136	236,0	58,0	178,0	216,0	44,0
B21	136	234,0	50,0	184,0	226,0	56,0
B22	136	236,0	50,0	186,0	218,0	50,0
B23	136	238,0	58,0	180,0	216,0	46,0
B24	136	240,0	56,0	184,0	230,0	56,0
B25	136	208,0	42,0	166,0	216,0	52,0
B26	136	210,0	38,0	172,0	224,0	60,0
B27	136	186,0	44,0	142,0	168,0	60,0
B28	69	222,0	46,0	176,0	182,0	44,0
B29	69	214,0	48,0	166,0	172,0	42,0
B30	69	212,0	44,0	168,0	176,0	48,0
B31	69	246,0	54,0	192,0	216,0	44,0
B32	69	238,0	56,0	182,0	224,0	56,0
B33	69	238,0	52,0	186,0	214,0	52,0
B34	69	238,0	54,0	184,0	222,0	48,0
B35	69	256,0	60,0	196,0	216,0	48,0
B36	69	232,0	52,0	180,0	238,0	54,0

**VALORES DE PARAMETROS FISICO-QUÍMICOS DE TEMPORALIDAD 2
(CONTINUACIÓN)**

Código de Muestra	Sólidos Disueltos Fijos (mg/l)	Sólidos Suspendedos (mg/l)	Sólidos Suspendedos Volátiles (mg/l)	Sólidos Suspendedos Fijos (mg/l)	Velocidad (m/s)	Profundidad (cm)
B1	114,0	62,0	26,0	36,0	0,294	26
B2	124,0	48,0	24,0	24,0	0,668	35
B3	100,0	50,0	20,0	30,0	0,650	26
B4	106,0	66,0	24,0	42,0	0,746	23
B5	122,0	54,0	24,0	30,0	0,828	26
B6	116,0	66,0	24,0	42,0	0,294	18
B7	76,0	70,0	28,0	42,0	0,607	15
B8	96,0	82,0	30,0	52,0	0,734	26
B9	96,0	98,0	34,0	64,0	0,438	22
B10	140,0	32,0	30,0	2,0	0,933	33
B11	144,0	28,0	28,0	0,0	0,840	40
B12	148,0	40,0	36,0	4,0	0,647	26
B13	148,0	32,0	22,0	10,0	0,545	28
B14	148,0	28,0	26,0	2,0	0,576	39
B15	144,0	30,0	26,0	4,0	0,738	20
B16	144,0	28,0	4,0	24,0	0,358	33
B17	138,0	30,0	28,0	2,0	0,145	15
B18	170,0	42,0	32,0	10,0	0,671	25
B19	180,0	18,0	16,0	2,0	0,193	10
B20	172,0	16,0	16,0	0,0	0,360	9
B21	170,0	16,0	16,0	0,0	0,768	4
B22	168,0	16,0	16,0	0,0	0,423	15
B23	170,0	22,0	20,0	2,0	0,429	8
B24	174,0	20,0	20,0	0,0	0,554	9
B25	164,0	8,0	8,0	0,0	0,377	5
B26	164,0	6,0	6,0	0,0	0,789	9
B27	108,0	26,0	18,0	8,0	0,144	8
B28	138,0	26,0	24,0	2,0	0,341	11
B29	130,0	18,0	18,0	0,0	0,204	9
B30	128,0	20,0	20,0	0,0	0,397	11
B31	172,0	22,0	20,0	2,0	0,361	7
B32	168,0	22,0	20,0	2,0	0,240	28
B33	162,0	14,0	14,0	0,0	0,627	17
B34	174,0	12,0	12,0	0,0	0,449	15
B35	168,0	24,0	22,0	2,0	0,098	27
B36	184,0	18,0	18,0	0,0	0,632	15

Elaborado por: López J.

ANEXO 11

RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 1

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18
ANN	Glossiphoniidae	Glossiphonia	sp. 1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	1	1	1	0	2	0	1
COL	Scirtidae	Prionocyphon	sp. 3	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0
COL	Limnichyidae	Lutrochus	sp. 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
CRU	Hyalellidae	Hyalella	Inermis	80	71	10	35	10	3	6	3	30	41	32	18	74	37	70	10	10	20
DIP	Chironomidae (Chironominae)	Chironomus	sp. 7	107	130	94	49	18	9	8	22	26	197	49	40	142	30	198	50	37	10
DIP	Chironomidae (Tanypodinae)	Tanypodius	sp. 8	2	9	0	2	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1	27	0	2	0
DIP	Simuliidae	Simulium	sp. 10	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
DIP	Elmidae	Austrelmis	Leleupi	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0
DIP	Empididae	Chelifera	sp. 12	0	0	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
DIP	Tipulidae	Molophilus	sp. 14	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
DIP	Ephydriidae		sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
EPH	Baetidae	Andesiops	peruvianus	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	4	0	1	0
HAP	Haplotaixidae	Haplotaixida	sp. 17	0	1	0	0	0	1	13	6	1	8	1	0	0	2	3	1	3	5
MOL	Sphaeriidae	Psidium	sp. 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0
TRI	Glossosomatidae	Mortionella	sp. 21	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
TRI	Leptoceeridae	Oecetis	sp. 22	0	1	0	1	0	0	0	1	0	4	2	1	1	0	0	0	0	0
TRI	Limnephilidae	Anomalocosmoecus	Illiesi	0	0	0	2	0	5	0	0	2	0	2	8	4	3	7	0	6	1
PLAT	Planariidae	Dugesia	Tigrina	0	0	4	0	0	0	0	1	0	9	1	4	1	3	0	0	0	1
Abundancia				189	215	113	90	28	18	29	35	64	271	91	74	226	80	314	64	60	38
Diversidad				3	8	6	6	2	4	4	7	7	8	9	8	9	10	10	5	7	6

Elaborado por: López J.

RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 2

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36
ANN	Glossiphoniidae	Glossiphonia	sp. 1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ARA	Hydrachnidae	Hydrachna	sp.2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COL	Scirtidae	Prionocyphon	sp. 3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	2	0	1
COLL	Sminthuridae		sp. 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
CRU	Hyalellidae	Hyalella	inermis	30	28	15	4	40	51	13	3	3	66	26	13	75	20	3	4	6	13
DIP	Chironomidae (Chironominae)	Chironomus	sp. 7	65	59	25	44	88	63	28	114	101	38	50	14	18	44	6	24	55	102
DIP	Chironomidae (Tanypodinae)	Tanypodius	sp. 8	0	0	0	0	9	0	2	24	8	0	0	0	0	1	0	0	0	8
DIP	Simuliidae	Simulium	sp. 10	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	0	1	2	2
DIP	Elmidae	Austrelmis	leleupi	54	14	4	8	4	11	5	3	3	8	17	2	1	3	0	17	4	9
DIP	Empididae	Chelifera	sp. 12	2	1	0	0	0	4	0	3	0	1	3	1	0	1	2	2	0	0
DIP	Tipulidae	Molophilus	sp. 14	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
DIP	Ephydriidae		sp. 15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	1
EPH	Baetidae	Andesiops	peruvianus	2	0	0	0	1	5	0	0	0	3	2	2	0	0	0	1	0	1
HAP	Haplotaenidae	Haplotaenia	sp. 17	9	2	2	3	2	2	0	0	0	2	4	0	2	0	0	10	2	4
HEM	Mesoveliidae	Mesovelia	sp. 18	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOL	Sphaeriidae	Psidium	sp. 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
NEM	Nematoda		sp. 20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
TRI	Glossosomatidae	Mortonella	sp. 21	6	7	13	92	41	43	42	50	43	0	1	5	0	75	7	6	14	22
TRI	Leptoceridae	Oecetis	sp. 22	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
TRI	Limnephilidae	Anomalocosmoecus	illiesi	31	54	9	34	6	21	11	15	13	1	2	1	0	23	51	22	12	14
TRI	Hydroptilidae	Metricia	sp. 23	3	1	2	1	0	0	0	1	0	0	10	1	0	0	5	0	1	0

Elaborado por: López J.

**RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 2
(CONTINUACIÓN)**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33	A34	A35	A36
TRI	Hydrobiosidae	Atopsyche	sp. 25	3	2	1	2	1	4	2	3	0	3	2	1	0	1	0	2	1	2
TRI	Helicopsychidae	Helicopsyche	sp. 26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
TRI	Hydropsychidae	Smicridea	sp. 27	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLAT	Planariidae	Dugesia	tigrina	39	13	13	12	11	17	3	9	10	8	10	4	1	7	20	20	6	15
		Abundancia		252	182	87	203	207	223	106	227	181	131	127	46	98	181	95	118	108	195
		Diversidad		15	11	12	11	13	11	8	12	7	10	11	12	6	10	8	15	12	14

Elaborado por: López J.

RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 3

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18
ANN	Glossiphoniidae	Glossiphonia	sp. 1	1	0	1	6	3	2	1	0	1	0	3	3	0	1	1	1	1	0
ARA	Hydrachnidae	Hydrachna	sp.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
COL	Scirtidae	Prionocyphon	sp. 3	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	1	0	0	0
CRU	Hyalellidae	Hyalella	inermis	188	11	183	66	132	152	12	1	182	33	221	53	8	344	70	17	91	66
DIP	Chironomidae (Chironominae)	Chironomus	sp. 7	231	26	498	62	128	131	90	15	302	83	272	43	25	162	119	23	129	0
DIP	Chironomidae (Tanypodinae)	Tanypodius	sp. 8	8	0	45	8	2	0	3	0	50	0	0	0	0	9	4	0	0	0
DIP	Chironomidae (Chironominae)	Chironomus	sp. 9	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIP	Simuliidae	Simulium	sp. 10	1	0	1	0	0	0	2	0	8	9	23	0	0	4	7	0	2	0
DIP	Elmidae	Austrelmis	leleupi	0	0	2	1	0	2	1	0	5	0	1	0	0	2	1	0	1	0
DIP	Empididae	Chelifera	sp. 12	1	3	2	0	2	0	4	1	0	2	1	1	0	0	0	0	1	0
DIP	Empididae	Hemerodromia	sp. 13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

**RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 3
(CONTINUACIÓN)**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18		
DIP	Muscidae	Limnophora	sp. 16	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
EPH	Baetidae	Andesiops	peruvianus	0	0	2	0	0	3	2	0	3	0	12	2	1	10	4	1	0	0	0	
HAP	Haplotaenidae	Haplotaenida	sp. 17	5	3	25	174	22	1	4	1	0	3	27	32	3	4	8	0	7	0	0	
MOL	Sphaeriidae	Psidium	sp. 19	1	0	0	2	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEM	Nematoda		sp. 20	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRI	Glossosomatidae	Mortionella	sp. 21	0	10	0	9	10	2	1	2	0	11	8	0	0	3	2	2	0	0	0	0
TRI	Leptoceridae	Oecetis	sp. 22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRI	Limnephilidae	Anomalocosmoecus	illiesi	2	19	20	28	5	9	15	2	3	3	22	4	5	3	12	6	1	3	0	3
TRI	Hydroptilidae	Metrichia	sp. 23	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRI	Hydrobiosidae	Atopsyche	sp. 25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PLAT	Planariidae	Dugesia	tigrina	2	5	0	7	5	2	4	2	8	2	15	2	3	5	13	3	1	1	1	1
		Abundancia		440	77	780	365	309	305	144	24	567	147	609	140	45	547	242	53	234	71	71	71
		Diversidad		10	7	11	11	9	10	15	7	11	9	15	8	6	11	12	7	9	4	4	4

Elaborado por: López J.

RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 4

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	B31	B32	B33	B34	B35	B36	
ANN	Glossophoniidae	Glossiphonia	sp. 1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
ARA	Hydrachnidae	Hydrachna	sp.2	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COL	Scirtidae	Prionocyphon	sp. 3	1	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	1	7	7
COLL	Poduridae		sp. 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
CRU	Hyalellidae	Hyalella	inermis	17	22	2	1	8	0	39	25	5	9	13	60	0	8	16	14	1	8	8
DIP	Chironomidae (Chironominae)	Chironomus	sp. 7	76	195	39	29	109	101	187	244	117	23	57	59	30	67	239	107	83	143	143
DIP	Chironomidae (Tanypodinae)	Tanypodius	sp. 8	2	24	1	0	0	7	5	6	0	0	3	0	2	0	57	2	0	3	3

**RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS EN CONDICIÓN 4
(CONTINUACIÓN)**

ORDEN	FAMILIA	GENERO	SP	B19	B20	B21	B22	B23	B24	B25	B26	B27	B28	B29	B30	B31	B32	B33	B34	B35	B36
DIP	Chironomidae (Chironominae)	Chironomus	sp. 9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIP	Simuliidae	Simulium	sp. 10	0	19	4	1	0	0	1	2	0	0	1	0	0	0	2	1	0	0
DIP	Elmidae	Austrelmis	leleupi	80	110	56	3	2	13	43	89	2	7	32	14	3	2	65	37	3	17
DIP	Elmidae	Austrelmis	sp. 11	0	11	6	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0
DIP	Empididae	Chelifera	sp. 12	3	12	3	0	1	4	10	18	0	0	4	3	0	1	16	7	1	15
DIP	Empididae	Hemerodromia	sp. 13	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DIP	Tipulidae	Molophilus	sp. 14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	1
DIP	Muscidae	Limnophora	sp. 16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
EPH	Baetidae	Andesiops	peruvianus	1	5	0	0	1	0	0	3	0	0	1	1	0	3	4	0	0	0
HAP	Haplotaenidae	Haplotaenidae	sp. 17	0	0	0	0	3	0	0	0	2	1	6	6	3	0	12	11	0	28
MOL	Sphaeriidae	Psidium	sp. 19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0
NEM	Nematoda		sp. 20	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
TRI	Glossosomatidae	Mortionella	sp. 21	129	6	4	5	21	49	0	15	0	2	13	3	2	2	25	2	1	0
TRI	Leptoceridae	Oecetis	sp. 22	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRI	Limnephilidae	Anomalocosmoecus	illiesi	58	67	98	5	25	29	24	74	13	6	29	9	6	11	215	10	3	16
TRI	Hydroptilidae	Metrichia	sp. 23	24	65	27	0	0	0	50	103	2	2	4	3	0	0	26	2	0	0
TRI	Hydroptilidae	Metrichia	sp. 24	6	13	4	0	0	0	14	13	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
TRI	Hydrobiosidae	Atopsyche	sp. 25	6	10	7	2	2	4	9	18	1	3	10	1	0	1	18	2	0	0
PLAT	Planariidae	Dugesia	tigrina	43	12	22	3	5	4	17	12	10	11	13	9	2	1	38	5	4	14
		Abundancia		454	575	274	49	178	214	407	631	155	67	187	176	48	96	746	205	97	254
		Diversidad		16	16	14	8	11	10	13	16	11	12	14	14	7	9	18	14	8	11

Elaborado por: López J.

ANEXO 12

CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARAMETROS FISICO QUIMICOS

	Temperatura				Conductividad				TDS			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	11,5	10,9	12	10,8	190,4	213,2	214,1	177,2	102,8	112,4	102,4	101,3
1er Cuartil	11,72	11,4	12,9	12,25	202,7	217,9	243,8	255,2	109,4	117,6	125,1	127,6
Mediana	12,25	11,8	13,2	12,85	209,4	220,3	245,9	255,9	111,7	119	126	128,7
Promedio	12,31	11,85	13,19	12,77	207,4	219,7	246,5	250,8	111,7	118,2	124,4	126,8
3er Cuartil	12,68	12,05	13,5	13,6	214,4	221,5	254,2	256,9	115,8	119,5	126,8	131,8
Máxima	14	13,2	14,2	14	216,3	222,5	256,3	258,7	116,1	120	128,2	132,7
	pH				Oxígeno Disuelto				% Oxígeno de Saturación			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	7,25	8,21	7,46	8,74	10,22	8,95	8,57	9,08	62,1	55,9	55,7	62,8
1er Cuartil	7,322	8,3	7,812	8,893	10,39	9,1	9,255	9,352	67,88	57,83	60,25	63,33
Mediana	7,405	8,345	7,94	8,95	10,75	9,25	9,58	9,57	69	59,65	64,35	63,65
Promedio	7,417	8,351	8,04	8,938	10,74	9,259	9,78	9,596	69,53	59,49	65,19	64,21
3er Cuartil	7,48	8,398	8,398	8,998	10,96	9,422	10,43	9,838	70,53	61,62	71,62	64,9
Máxima	7,68	8,51	8,48	9,08	11,67	9,59	11	10,1	76,4	63,8	74	66,8
	Fosfatos				Nitratos				Nitrógeno Amoniacal			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	0,526	0,39	0,52	0,51	0,1	0,2	0,1	0,1	0,17	0,06	0,09	0,05
1er Cuartil	0,612	0,482	0,755	0,592	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1125	0,12	0,0625
Mediana	0,715	0,525	0,835	0,65	0,25	0,3	0,2	0,2	0,2025	0,125	0,13	0,07
Promedio	0,833	0,522	0,860	0,755	0,2667	0,327	0,244	0,205	0,204	0,1219	0,1278	0,07278
3er Cuartil	0,928	0,5475	0,9475	0,8025	0,375	0,4	0,3	0,275	0,2175	0,14	0,1375	0,08
Máxima	1,736	0,77	1,41	1,34	0,6	0,7	0,5	0,3	0,24	0,16	0,17	0,12
	Resistividad				NaCl				DBO			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	4,1	4,17	3,892	3,765	90,88	11,8	62,22	94,15	1,21	0,6	4,1	5,1
1er Cuartil	4,31	4,2	3,929	3,799	100,32	109	117,65	121,12	1,21	0,6	4,1	5,1
Mediana	4,52	4,237	3,95	3,87	105,35	110,5	119	121,35	2,655	0,955	7,95	6,72
Promedio	4,648	4,236	3,953	3,857	104,23	105,1	116,32	119,91	2,655	0,955	7,95	6,72
3er Cuartil	4,568	4,255	3,975	3,904	108,7	111,9	119,62	123,15	4,1	1,31	11,8	8,34
Máxima	7,9	4,38	4,057	3,988	115,8	119,5	128,7	124,2	4,1	1,31	11,8	8,34





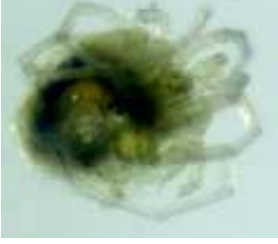
CARACTERIZACIÓN ESTADÍSTICA DE LOS PARAMETROS FISICO QUIMICOS (CONTINUACIÓN)

	DQO				Solidos Totales				Solidos Totales Volátiles			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	38	10	65	69	196	178	180	186	38	14	34	38
1er Quartil	38	10	65	69	215,5	202,5	200,5	216	52	56	38,5	46,5
Mediana	44	10	80,5	102,5	222	210	208	236	57	58	44	52
Promedio	44	10	80,5	102,5	221,9	206,7	210,1	229,2	57,22	53,11	45,33	50,89
3er Quartil	50	10	96	136	229	214	212	238	63,5	62	47,5	55,5
Máxima	50	10	96	136	244	230	254	256	84	74	76	60
	Solidos Totales Fijos				Solidos Disueltos				Solidos Disueltos Volátiles			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	146	126	130	142	178	162	120	168	4	24	34	42
1er Quartil	156,5	144,5	162	173	190	166,5	165	214,5	18	34	40	46
Mediana	163	152	165	181	199	171	176	216	24	39	48	49
Promedio	164,7	153,6	164,8	178,3	202,9	175,2	174,7	211,1	26,11	40,22	48,33	50,33
3er Quartil	172	154	171,5	185,5	217,5	183,5	184	224	36,5	47,5	55,5	55,5
Máxima	188	200	184	196	228	212	222	238	54	56	68	60
	Solidos Disueltos Fijos				Solidos Suspendidos				Solidos Suspendidos Volátiles			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	136	112	76	108	10	2	28	6	5,9	0	4	6
1er Quartil	147	122,5	108	162,5	16	4	30,5	16	12,03	1,925	24	16
Mediana	184	129	131	168	20	8	45	18	18,5	3,6	26	18
Promedio	176,8	135	126,3	160,8	20,11	9,222	49,22	18	17,43	4,978	25,89	16,89
3er Quartil	199,5	152	144	172	24	12	65	22	21,75	7	29,5	20
Máxima	212	188	170	184	28	28	98	26	27	19,2	36	24
	Solidos Suspendidos Fijos				Velocidad				Profundidad			
	Condiciones				Condiciones				Condiciones			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Mínima	0	0	0	0	0,203	0,085	0,145	0,098	10	5	15	4
1er Quartil	1	0	4	0	0,407	0,1935	0,4647	0,2652	20,5	7,5	22,25	8,25
Mediana	2	1	24	0	0,5375	0,2915	0,6485	0,387	27	10,5	26	9,5
Promedio	2,683	4,244	23,33	1,111	0,5267	0,3082	0,5951	0,4103	26,22	11,17	26,44	12,06
3er Quartil	3,75	4,85	40,5	2	0,6098	0,422	0,737	0,5278	30,25	13	31,75	15
Máxima	10,1	26,1	64	8	0,897	0,682	0,933	0,789	39	23	40	28




Elaborado por: López J.

ANEXO 13




**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS**

Orden: Tricladida		
Familia: Planariidae		Pertenece a los llamados gusanos planos (platelmintos). Miden entre 2 y 4 cm. Viven en aguas estancadas, en remansos de las quebradas o de poca corriente, la presencia aumenta con la contaminación orgánica. Son de nutrición omnívora y de simetría bilateral.
Orden: Rhynchobdellida		
Familia: Glossiphoniidae		A este grupo corresponde los gusanos con ventosas conocido como sanguijuelas. Tiene un cuerpo conformado por 32 segmentos. Posee dos ventosas. Se desplaza lentamente. Miden entre 0,7 a 10 cm. Son abundantes en zonas de remanso con abundante vegetación acuática y se adhiere en las raíces.
Orden: Haplotaxida		
		A este grupo pertenecen las lombrices de agua, se considera un indicador de máxima contaminación de agua. Son especies rojas o blancas. El medio al que se encuentran tiene baja concentración de agua. Viven en remansos de los sistemas loticos.
Orden: Veneroida		
Familia: Sphaeriidae		Se caracteriza por tener valvas frágiles y pequeñas (menos de 10 mm). Tiene forma redonda-ovalada. Se encuentran en los sustratos blandos en ríos, arroyos o lagunas. Otras especies se adhieren a superficies duras como piedras. Se alimentan filtrando agua.
Orden: Trombidiformes		
Familia: Hydrachnidae		Los ácaros acuáticos son un grupo muy variado. El aparato bucal incluye un par de palpos. Pasa por una etapa de parásitos. Frecuentan en aguas de movimiento lento, en las orillas entre vegetación sumergida.

**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS (CONTINUACIÓN)**

Orden: Amphipoda		
Familia: Hyallellidae		Se los conoce como camarones de agua dulce. Tiene un cuerpo comprimido lateralmente, dividido en 13 segmentos que se agrupan en cabeza-tórax-abdomen. Este se caracteriza por tener el último segmento de la cola entero y por tener un par de apéndices en cada tórax. Mide desde 2,5 a 30 mm. Su tamaño depende de la disponibilidad de oxígeno disuelto en el agua. Se encuentra en la periferia bentónica de los cuerpos de agua. Estos organismos no son tolerantes a la contaminación.
Orden: Ephemeroptera		
Familia: Baetidae		En la Familia Baetidae los adultos son terrestres, pequeños, frágiles, con alas delicadas que se caracterizan por tener venación marcada. Las ninfas son acuáticas, de tamaño menor a 10 mm. Cabezas bien definidas y redondeadas con antenas visibles. Son buenos nadadores y su cuerpo aplanado les permite arrastrarse entre el bento de corriente y cascadas del sistema lotico. Se encuentra debajo de los troncos, rocas, hojas y adherido a vegetación sumergida. Es un colector que se alimenta de perifitón y material vegetal.
Orden: Coleoptera		
Familia: Scirtidae		En la familia de los Scirtidae los adultos son terrestres. Las larvas son aplanadas, alargadas y tienen antenas bastante largas. Miden entre 5 y 15 mm. Son comunes en hábitats lénticos. Se alimenta de material vegetal o de material en descomposición, algunas especies pupan dentro del agua.


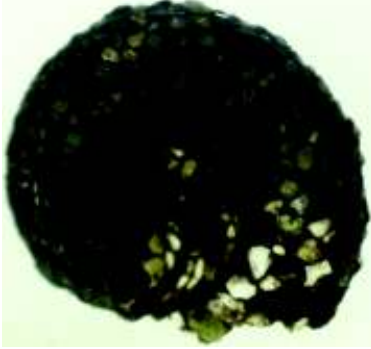

**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS (CONTINUACIÓN)**

<p>Familia: Elmidae</p>		<p>En la familia de los Elmidae las larvas como la gran mayoría de los adultos son acuáticos. Los adultos son pequeños (1-15 mm) y de color oscuro. No son nadadores, pero se desplazan sobre el sustrato caminando lentamente. La mayoría vive en aguas corriente, con alto contenido de oxígeno, pero algunas especies pueden encontrarse en aguas estancadas.</p>
<p>Orden: Trichoptera</p>		
<p>Familia: Glossosomatidae</p>		<p>Larvas con pseudopatas anales. Construyen capullos con forma de caparazón de tortuga, con dos orificios ventrales, por el anterior asoman la cabeza y las patas torácicas. El tipo de construcción no permite en agrandamiento a medida que crece la larva, por lo que en cada estadio deben desechar el viejo capullo y construir un nuevo más grande.</p> <p>Se encuentra en agua con mucha corriente, bastante oxigenada. Son indicadores de aguas oligotróficas. Es un raspador que se alimenta de material vegetal en descomposición o del perifiton y troncos sumergidos.</p>
<p>Familia: Leptoceridae</p>		<p>Larvas con antenas evidentes, tienen patas muy largas y mandíbulas bien desarrolladas. Construyen capullos cónicos con materiales diversos. Se encuentran en ríos con corriente lenta.</p> <p>Los adultos tienen antenas mucho más largas que el cuerpo, que es delgado, recto, frágil.</p>


**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS (CONTINUACIÓN)**

<p>Familia: Limnephilidae</p>		<p>Las larvas se reconocen por una prolongación fuertemente arqueada en el esterno del protórax denominada cuerno prosternal. Los adultos de tamaño mediano a grande, con ocelos y 3 artículos en el palpo maxilar de los machos y 5 en las hembras. Pueden medir has 15 mm de largo. Las larvas se alimentan de detrito y construyen casas o refugios de diferentes materiales, como pedazos de plantas o piedras.</p>
<p>Familia: Hydroptilidae</p>		<p>Los primeros cuatro estadios larvales son minúsculos, tienen cuerpo alargado, patas semejantes, pseudopatas anales largas y no construyen capullos. Al pasar al quinto y último estadio larval, cambia la morfología, pueden tener tres pares de patas torácicas diferentes, las pseudopatas anales son cortas, el abdomen se ensancha notablemente presentando fuertes constricciones intersegmentales y construye un capullo de seda, el cual también usaran para empupar. Los capullos son cilíndricos o aplanados.</p>
<p>Familia: Hydrobiosidae</p>		<p>Miden de 10 a 12 mm. Sus primeras patas son bastantes robustas. No construyen casas. Las larvas tienen patas anteriores prensiles y de pseudopatas anales largas. Se encuentran en aguas corrientes frías y bastante oxigenadas. Las larvas están mayormente adherida a sustratos pedregosos con poco material vegetal. Son indicadores de aguas oligotróficas.</p>

**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS (CONTINUACIÓN)**

<p>Familia: Hydropsychidae</p>		<p>Las larvas habitan es sistemas lóaticos, donde construyen refugios fijos ubicados en los intersticios entre piedra en forma de redes para filtrar el agua y capturar detritus para alimentarse. Las larvas son fácilmente reconocidas por branquias ramificadas en el abdomen y su piel densamente cubierta de setas y pelos cortos. El cuerpo de estas larvas por lo general es fuertemente curvado y mide en su madurez, entre 4-17 mm de largo.</p>
<p>Familia: Hellicopsychidae</p>		<p>Las larvas se reconocen fácilmente por sus capullos con forma de caracol, el pronoto y el mesoto poseen placas bien desarrolladas y esclerotizadas, además la uña anal posee una hilera de dientes en forma de peine. Son insectos poco tolerantes a cambios de ecosistema por lo que tienen alto valor como indicador de calidad de los ríos. Las larvas se encuentran en aguas con corriente de todo tipo.</p>
<p>Orden: Diptera</p>		
<p>Familia: Chironomidae</p>		<p>Los Chironómidos adultos son dípteros pequeños (de 2 a 10 mm, muy parecidos a mosquitos, de color verde, blanco, rojo, negro o azul. La cabeza es pequeña, frecuentemente escondida por el tórax. Viven muy poco. Las larvas son generalmente acuáticas, de cuerpo alargado y tubular, con doce segmentos abdominales bien definidos, cabeza bien desarrollada y pequeña; no poseen patas. Se encuentran en arroyos y lagos, aunque se pueden encontrar también en pozos, heces de animales y prácticamente en cualquier ambiente húmedo. Algunas larvas viven en tubos hechos de gran variedad de materiales, pueden ser piedras o troncos pegados, o en la arena, otras especies viven libremente en el fondo del cuerpo.</p>

**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS (CONTINUACIÓN)**

<p>Familia: Simuliidae</p>		<p>En la familia Simuliidae, los adultos son terrestres de cuerpo pequeño, robusto, color marrón oscuro, por eso son llamados “moscas negras”. Tanto machos como hembras se alimentan de néctar. Las larvas acuáticas son elongadas, con cuerpo en forma de botella; al final del abdomen tienen unas ventosas y un par de ganchos que les sirven para fijarse en las rocas o troncos, en lugares en donde la corriente es fuerte. Miden de 3 a 15 mm</p>
<p>Familia: Empididae</p>		<p>Los adultos de esta familia se encuentran cerca de los sistemas acuáticos, llamadas “moscas danzantes”. Las larvas son apnéusticas, con lóbulos caudales o pequeños tubérculos que terminan en finas setas y con 7-8 pares de propatas abdominales. Se hallan en los márgenes de los sistemas lóticos y lénticos, entre detritus.</p>
<p>Familia: Tipulidae</p>		<p>En la familia Tipulidae los adultos son terrestres, de cuerpo delgado y oscuro, patas delgadas y largas, alas Angostas. Sus larvas son terrestres, semiacuáticas y acuáticas, de colores opacos a oscuros, cuerpo cilíndrico terminado en un espiráculo con tentáculos cortos. Miden de 3 a 50 mm., cabeza invisible por ser completamente retráctil al tórax. Se los encuentra en las orillas de aguas rápidas o en los remansos con material vegetal sumergido. Algunas especies son predatoras, otras herbívoras y perifitófagas.</p>

**DESCRIPCIÓN DE LAS FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS
ENCONTRADAS EN LOS MUESTREOS (CONTINUACIÓN)**

<p>Familia: Ephydriidae</p>		<p>Esta familia las larvas poseen órganos respiratorios bifurcados en la parte posterior de su cuerpo. Tienen setas alrededor de cuerpo y dependiendo de la especie pueden tener patas falsas. Se los encuentra en todo tipo de ambientes (pozos petroleros, aguas sulfuradas salinas)</p>
<p>Familia: Muscidae</p>		<p>En esta familia los adultos son terrestres; su tamaño va de 3 - 10 mm. Se encuentran asociados a materia orgánica en descomposición. Las larvas pueden ser terrestres, semiacuáticas y acuáticas, con colores que oscilan entre blanco a ocre oscuro; tienen forma cilíndrica y alargada, con una leve depresión v miden de 6 a 14 mm. Habitan en las zonas de remanso asociadas a materia orgánica en descomposición.</p>

Elaborado por: Soria I. y López J.

Fuente: Roldán G., 1988 y Domínguez & Fernández, 2009

ANEXO 14

ANEXO FOTOGRÁFICO

FOTOGRAFÍA 1 VISTA PANORAMICA DE QUEBRADA ANDINA CON AFLORAMIENTO DE ROCAS



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

FOTOGRAFÍA 2 LAVADO DE RED SURBER PARA OBTENCIÓN DE MUESTRA DE MACROINVERTEBRADOS



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 3 TRASPASO DE MUESTRA ÚTIL DE
MACROINVERTEBRADOS A BOLSA ZIPLOC**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 4 TOMA DE DATOS DE VELOCIDAD EN TRAMO DE
VALLE ANDINO DE ORIGEN GLACIAR**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

FOTOGRAFÍA 5 MUESTREO FÍSICO QUÍMICO EN CAMPO

Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

FOTOGRAFÍA 6 LAVADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DE MUESTRA ÚTIL DE MACROINVERTEBRADOS

Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 7 MATERIALES DE MUESTREO EN VALLE ANDINO DE
ORIGEN GLACIAR**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

FOTOGRAFÍA 8 TOMA DE MUESTRA PARA ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 9 PRESENCIA DE MACRÓFITAS EN TRAMO DE RÍO
JATUNHUAYCO**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

FOTOGRAFÍA 10 CAPTACIÓN RÍO JATUNHUAYCO



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 11 VISTA PANORAMICA DE VALLE ANDINO DE ORIGEN
GLACIAR**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 12 TOMA DE DATOS DE VELOCIDAD EN TRAMO DE
VALLE ANDINO DE ORIGEN GLACIAR**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 13 MUESTREO BIOLÓGICO EN TRAMO DE QUEBRADA
ANDINA CON AFLORAMIENTO DE ROCAS**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 14 INDIVIDUOS DE FAMILIA GLOSSOSOMATIDAE
ADHERIDOS A SUSTRATO ROCOSO**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 15 SUSTRATO ROCOSO EN TRAMO DEL RÍO
JATUNHUAYCO**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 16 INDIVIDUOS DE FAMILIA GLOSSOSOMATIDAE EN
SUSTRATO ROCOSO BAJO AGUA**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 17 MUESTREO FÍSICO QUÍMICO EN QUEBRADA
ANDINA CON AFLORAMIENTO DE ROCAS**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 18 HÉLICE DE MICROMOLINETE BAJO AGUA PARA
LECTURA DE VELOCIDAD**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 19 QUEBRADA ANDINA CON AFLORAMIENTO DE
ROCAS – SUSTRATO ROCOSO**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 20 FLORA ADYACENTE DE QUEBRADA ANDINA CON
AFLORAMIENTO
DE ROCAS**



Fuente: López
Carvajal V.

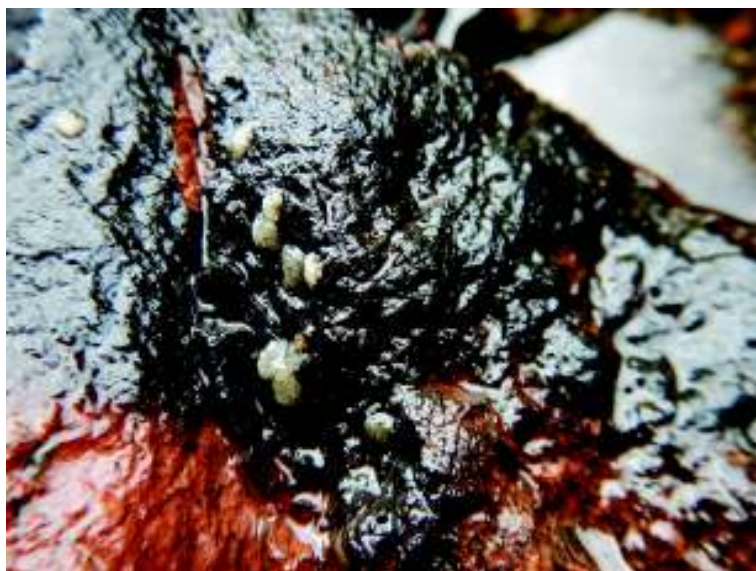
J., Soria I. y

**FOTOGRAFÍA 21 INDIVIDUOS DE FAMILIA GLOSSOSOMATIDAE
ADHERIDOS A SUSTRATO EN EL AGUA**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

**FOTOGRAFÍA 22 INDIVIDUOS DE FAMILIA SPHAERIDAE ADHERIDOS
A SUSTRATO**



Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

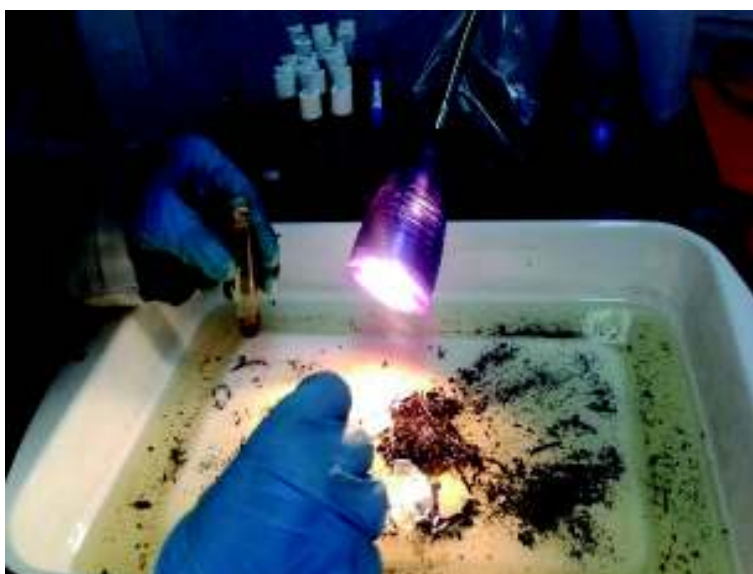
FOTOGRAFÍA 23 TRAMO DE VALLE ANDINO DE ORIGEN GLACIAR

Fuente: López J., Soria I. y Carvajal V.

FOTOGRAFÍA 24 REACTIVOS PARA ANÁLISIS DE NITRÓGENO AMONIACAL

Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 25 SEPARACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DE LA MUESTRA COLECTADA EN CAMPO



Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 26 SEPARACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DE LA MUESTRA COLECTADA PARA COLOCARLOS EN VIALES



Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 27 CRISOLES EN MUFLA EN EL ANÁLISIS DE SÓLIDOS

Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 28 CRISOLES EN EL PROCESO DE TARAR

Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 29 FILTROS EN DESECADOR EN EL ANÁLISIS DE SÓLIDOS



Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 30 FILTROS Y CRISOLES EN DESECADOR EN EL ANÁLISIS DE SÓLIDOS



Fuente: López J.

FOTOGRAFÍA 31 ANÁLISIS DE NITRÓGENO AMONICAL

Fuente: López J.

**FOTOGRAFÍA 32 VISTO DE UN INDIVIDUO DE FAMILIA LIMNEPHILIDAE
EN ESTEREOMICROSCOPIO**

Fuente: López J.