



## **Departamento de Posgrados**

### **Maestría en Gestión Ambiental IV corte**

**Descomposición de hojarasca como indicador del estado ecológico de ríos alto andinos en el sur del Ecuador.**

**Trabajo de graduación previo a la obtención del título de  
Magister en gestión ambiental**

**Blgo. David Sebastián Vázquez Martínez**

**Blgo. Diego Santiago Alvarado Montesdeoca**

**Director**

**Mgs. Blgo. Edwin Javier Zárate Hugo**

**Cuenca – Ecuador**

**2018**

Dedicado a mi esposa por todo su apoyo incondicional y por compartir esta pasión por la naturaleza y por el medio ambiente; a mi madre por siempre respetar y apoyar mis decisiones; a mi padre que me protege y sé que se alegra y me sigue sonriendo desde el cielo al ver los logros conseguidos. A mis hermanos y a mis sobrinos a quienes espero poderles seguirles contagiando un poco del amor y el respeto a la naturaleza.

Diego A.

Dedicado a mí esposa por ese leal apoyo y mi hijo Pablo Emilio fuente inconmensurable de amor y motivación; a mis padres y hermanos que siempre han apoyado mis retos y han sido impulsores constantes ante cada meta trazada. A la naturaleza que con su inefable belleza ha sido y será mi fuente sempiterna de inspiración.

David V.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos especialmente al Mgs. Blgo. Edwin Javier Zárate Hugo por la asesoría en el desarrollo de esta tesis y por la oportunidad que nos confirió para la ejecución de la misma. De igual manera, extendemos nuestro reconocimiento a nuestro Tribunal: Dr. Gustavo Chacón Vintimilla y al Dr. Piercosimo Tripaldi C.

Un agradecimiento especial al personal de los laboratorios de la Facultad de Ciencia y Tecnología de la Universidad del Azuay por el espacio y apoyo brindado en la fase de identificación de macroinvertebrados y obtención de resultados de las muestras de nuestra tesis; a la Lic. Ximena Orellana y Diego Vidal por el espacio, tiempo, recursos, equipos e instrumentales de laboratorio para la identificación de macroinvertebrados; a los Biólogos Agustín Sparer por sus aportes y sugerencias brindadas para el desarrollo de la tesis; a Ramiro Andrés Jiménez Espinoza por sus aportes y compartir sus experiencias.

A nuestras familias por el apoyo motivacional en la ejecución de este proyecto, por la comprensión en los momentos de la realización de los estudios en las fases de campo y de laboratorio; a nuestros familiares, amigos y compañeros que siempre han brindado el apoyo moral; al Ing. Andrés Sinchi por sus aportes en los datos estadísticos y mapeo a través del Sistema de Información Geográfica.

Finalmente, damos las gracias a la Universidad del Azuay representado por su Rector Francisco Salgado y a su Departamento de Posgrados Dirigido por la Diseñadora Catalina Serrano; así como a todos sus colaboradores y administrativos quienes supieron dar la apertura y ayuda necesaria para culminar con el proceso de graduación.

## RESUMEN

En este estudio se evaluó la tasa de descomposición de hojas de aliso como indicador funcional de la calidad de agua en riachuelos Altoandinos del sur del Ecuador. Se colocaron mallas gruesas y mallas finas con 300 gr de hojas de aliso en cada una y fueron sumergidas entre 15 a 64 días en ochos estaciones ubicadas en cuatro riachuelos. Los mejores resultados se obtuvieron a los 64 días y muestran mayores tasas de descomposición, es decir mejores condiciones, las estaciones ubicados en la zona alta de los riachuelos Miguir y Quínoa y en la zona baja del río Ishcayrumi. El presente estudio determina que los índices funcionales son herramientas efectivas para la evaluación de calidad de agua de riachuelos y pueden ser utilizadas para la gestión de cuencas hídricas.

**PALABRAS CLAVE:** Fuentes hídricas, Capacidad de degradación, tasa de descomposición, materia orgánica, macroinvertebrados, indicadores funcionales.

## ABSTRACT

This study evaluated the rate of decomposition of alder leaves as a functional indicator of water quality in high Andean rivulets in southern Ecuador. Thick and fine meshes were placed with 300 g of alder leaves and were submerged between 15 and 64 days in eight stations located in four streams. The best results showed higher decomposition rates and were obtained at 64 days. There were better conditions in the stations located in the lower area of the Ishcayrumi River and in the upper areas of the Miguir and Quinoa streams. It was determined that the functional indexes were effective tools for water quality evaluation of rivulets and could be used for the management of water basins.

**PALABRAS CLAVE:** water sources, degradation capacity, decomposition rate, organic matter, macroinvertebrates, functional indicators.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### Contenido

Descomposición de hojarasca como indicador del estado ecológico de ríos alto andinos en el sur del Ecuador.....	1
INTRODUCCIÓN .....	1
Objetivos .....	3
Objetivos específicos .....	3
CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS .....	4
Área de estudio: .....	4
Metodología .....	5
Trabajo de campo .....	5
Identificación de ríos para la colocación de las muestras.....	5
Recolección y secado de la muestra vegetal (Aliso) .....	6
Armado de las bolsas de muestreo .....	6
Puntos de muestreo .....	6
Incubación de las bolsas de descomposición.....	6
Trabajo de laboratorio .....	7
Preparación de las muestras (bolsas de incubación) .....	7
Secado de las muestras.....	7
Peso de alícuotas.....	7
Materia Orgánica Suspendida .....	8
Análisis estadísticos bióticos .....	9
Identificación de macroinvertebrados .....	9
Diversidad de macroinvertebrados bentónicos.....	9
Índice de Shannon – Wiener .....	9
Índice de dominancia Simpson.....	9
Análisis estadístico de datos .....	10
Tasa de descomposición de la hojarasca (K).....	10
Coeficiente de descomposición .....	10
Análisis de varianza .....	11
CAPÍTULO 2: RESULTADOS .....	12
Dinámica de descomposición de la hojarasca.....	12
Tasa de descomposición de la hojarasca.....	12
Bolsas Finas.....	12
Bolsas Gruesas .....	14
Coeficiente de descomposición (K) .....	15
Umbral de integridad funcional.....	15
ANOVA.....	16
Parámetros fisicoquímicos .....	18
Composición y diversidad de macroinvertebrados .....	19
Índices ABI .....	19
Porcentaje de abundancia relativa de especies en zona alta y zona baja.....	19
Índice de diversidad de Simpson.....	22
Índice de dominancia de Shannon .....	23
CAPÍTULO 3: DISCUSIÓN.....	25
CONCLUSIÓN .....	27
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	28
ANEXOS .....	30

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1.- Mapa de ubicación de puntos de muestreo en 4 microcuencas.....	4
Figura 2.- Pesado de las hojas secas antes y después de muestrear .....	8
Figura 3.- Proceso de calcinación de alícuota de las muestras.....	8
Figura 4.- Porcentaje de descomposición de Bolsas Finas en Zona Alta .....	12
Figura 5.- Porcentaje de descomposición de Bolsas Finas en Zona Baja .....	13
Figura 6.- Porcentaje de descomposición de Bolsas Gruesas en Zona Alta .....	14
Figura 7.- Porcentaje de descomposición de Bolsas Gruesas en Zona Baja.....	15
Figura 8.- Comparación ABI en zona alta y zona baja.....	19
Figura 9.- Abundancia relativa zona Alta .....	20
Figura 10.- Abundancia relativa zona baja .....	21
Figura 11.- Comparación de índice de Simpson entre zona alta y baja .....	22
Figura 12.-Comparación entre las zonas altas y bajas de las microcuencas .....	24

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1.- Puntos de muestreo y uso de suelo.....	5
Tabla 2.- Propuesta del Umbral de valores métricos ( $K_g / K_f$ y $K_{total}$ ) para evaluar la integridad funcional de los ríos alto andinos .....	10
Tabla 3.- Resultados de $K_f / K_g$ zona alta y baja .....	15
Tabla 4.- Resultados de $K$ total zona alta y baja .....	16
Tabla 5.- Valores (p) del (ANOVA) de la tasa de descomposición de la hojarasca, en función a la zona alta o baja de la malla gruesa.....	16
Tabla 6.- Valores (p) del análisis de varianza (ANOVA) para diferenciar la tasa de descomposición de la hojarasca, en función a la zona alta o baja de la malla fina. .	17
Tabla 7.- Parámetros físicos- químicos tomados en las cuatro microcuencas del estudio .....	18
Tabla 8.- Porcentaje de abundancia en zona alta y baja.....	21
Tabla 9.- Índice de Simpson en las zonas altas y bajas de las microcuencas .....	22
Tabla 10.- Índice promedio de Simpson entre zonas altas y bajas de los cuatro ríos .....	23
Tabla 11.- Índices de Shannon de las zonas bajas y altas de las microcuencas en estudio .....	23
Tabla 12.- Índice promedio de Simpson entre zonas altas y bajas de los cuatro ríos .....	24

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1.- Coordenadas Geográficas de las microcuencas de estudio .....	30
Anexo 2.- Uso de suelo en los puntos de muestreo.....	31
Anexo 3.- Cronograma de actividades de campos.....	32
Anexo 4.- Número de muestras recolectadas y muestras perdida en las microcuencas.....	33
Anexo 5.- Matriz de tasa de descomposición de los puntos de muestreo de malla gruesa.....	34
Anexo 6.- Matriz de tasa de descomposición de los puntos de muestreo de malla fina.....	35
Anexo 7.- Macroinvertebrados en número de individuos y por microcuenca .....	36
Anexo 8.- Índice de Shannon en zona baja.....	38
Anexo 9.- Índice de Shannon en zona alta.....	39
Anexo 10.- Índice de Simpson zona baja .....	40
Anexo 11.- Índice de Simpson zona alta.....	41
Anexo 12.- <i>Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja río Miguir</i> .....	42
Anexo 13.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja del río Quínoas.....	43
Anexo 14.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja del río Ishcayrumi .....	44
Anexo 15.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja del río Angas.....	45
Anexo 16.- Porcentaje de degradación en las zonas y microcuencas .....	46
Anexo 17.- Consolidado de Índices bióticos y parámetros físicos - químicos .....	47
Anexo 18.- Imágenes de los puntos de monitoreo .....	48
Anexo 19.- Recolección de hojas de aliso .....	52
Anexo 20.- Secado de hojas y llenado de bolsas de descomposición .....	53
Anexo 21.- Puntos de muestreo.....	54
Anexo 22.- Registro de parámetros.....	55
Anexo 23.- Identificación de macroinvertebrados.....	56

David Sebastián Vázquez Martínez; Diego Santiago Alvarado Montesdeoca.

Trabajo de Graduación

Edwin Javier Zarate Hugo

Julio de 2018

Descomposición de hojarasca como indicador del estado ecológico de ríos alto andinos en el sur del Ecuador.

## INTRODUCCIÓN

La Cordillera de los Andes atraviesa el continente sudamericano de norte a sur y es considerada como una zona con alta variabilidad ambiental y diversidad biológica (Young, 2011). La multiplicidad en la composición de sus estructuras geomorfológicas influye en la circulación del aire y condicionan los tipos de clima (Emck, Moreira-muñoz, & Richter, 2006). En consecuencia controla en gran medida los regímenes hidrológicos a través del continente (Argollo, 2006). Esta particularidad de la zona andina conlleva a una elevada heterogeneidad ambiental y crea limitaciones biofísicas que determinan la complejidad ecosistémica existente (Palma & Figueroa, 2008).

El creciente deterioro de los ecosistemas acuáticos ha venido demandando el desarrollo de sistemas y métodos, que permitan conocer su grado de alteración debido a causas naturales y/o antropogénicas. Entre los conceptos y aproximaciones metodológicas más recientes se encuentra la integridad biótica, que conjuga elementos estructurales y funcionales de los ecosistemas acuáticos para conocer el estado aproximado de sus procesos ecológicos y evolutivos (Pérez, Pineda, & Medina, 1999). Los estudios en indicadores estructurales (composición biótica) es uno de los métodos de estudios más utilizados para determinar la calidad de agua de diferentes lugares cómo indicadora de la integridad de los ecosistemas. Pero existen otras formas de determinar la calidad de agua y esos son los denominados funcionales; lo que realiza este método es una medición de los procesos que se dan en los ecosistemas los mismos que permiten el mantenimiento en mejores condiciones.(Jiménez, 2018). La técnica o la metodología de monitoreo se da en relación a la medida de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados utilizando los grupos funcionales de alimentación (Cummins, Wilzbach, Gates, Perry, & Taliaferro, 1989). Los ríos altoandinos son de reconocida importancia ecológica, económica y social, no obstante han sido poco estudiados tanto a nivel ecológico como de las presiones que sufre por acción de las actividades humanas (Acosta & Prat, 2009). se menciona que en todos los sistemas acuáticos, el material orgánico o la hojarasca que se encuentra en el río se obtiene de la vegetación de ribera, (Webster & Benfield, 1986). Es así que la materia orgánica que se encuentra en los ríos es utilizada de alimento para los orgánicos acuáticos como macroinvertebrados y sustrato para otros organismos. (Aldridge, Brookes, & Ganf, 2009).

El aporte y descomposición de hojarasca es uno de los procesos más estudiados en ríos pequeños en donde la vegetación de ribera es abundante, porque una vez que las hojas ingresan al río comienza un proceso de descomposición por factores mecánicos, biológicos y fisicoquímicos que permiten que el material depositado sea aprovechado en forma inmediata (Eyes-Escalante, Rodríguez-Barrios, & Gutiérrez-Moreno, 2012).

Dentro de los distintos componentes bióticos y abióticos que intervienen en el procesamiento de la materia orgánica particulada, los hifomicetes acuáticos (hongos acuáticos) son los descomponedores más importantes. Estos organismos poseen gran complejidad en su batería enzimática, de allí su enorme importancia ecológica porque al descomponer la materia orgánica en su fase inicial y asegurar la posterior función bacteriana, juegan un papel importante en el reciclaje de nutrientes y la transferencia de energía en la cadena alimentaria de los ecosistemas lóticos (Barlocher, 2007).

La descomposición de la materia orgánica es vital para el mantenimiento de la vida, ya que es el único proceso que permite el reciclaje masivo de elementos químicos a nivel de ecosistemas, permitiendo su renovación y logrando a largo plazo su sostenibilidad. Por consiguiente, la respiración heterotrófica contribuye a la descomposición junto a otros procesos como la humificación y la fragmentación de detritus, de la cual es responsable la macro y mesofauna.

La tasa de descomposición de materia orgánica está regulada por diversos factores, que comprende: la calidad del recurso (física y química), la comunidad descomponedora (organismos), así como factores edáficos. Aunque la importancia dada a cada uno de dichos factores como predictores de la tasa de descomposición de la hojarasca es diferente en distintos ambientes, es indiscutible el papel determinante jugado por la composición química de las hojas, cuyas relaciones con la tasa de descomposición han sido intensamente estudiadas (Gelvez, 2008).

Existen diferentes factores que intervienen en el grado de descomposición de la hojarasca en las fuentes hídricas como son: la cobertura vegetal de la zona, el tipo o uso de suelo y el clima, pero estos mismos factores favorecen a otros organismos como es el caso de las bacterias, hongos e insectos (Casas, Gessner, Lopez, & Descals, 2011).

Dentro de los indicadores estructurales los más utilizados han sido los macroinvertebrados, ya que estos responden a cambios naturales o antropogénicos en las características físicas y químicas del agua (Springer, 2010).

Por lo expuesto la utilización de la descomposición de la hojarasca como indicador de procesos (indicador funcional) es una herramienta que permitirá evaluar la condición en la que se encuentran estos ríos; por su carácter funcional genera la posibilidad de ser una pieza fundamental en la gestión ambiental, al poder ser incluida en procesos de monitoreo, control y seguimiento.

Cabe resaltar que este tipo de estudios juega un papel importante debido a que su enfoque ecológico brinda información para tomar acciones de un manejo adecuado sobre este tipo

de ecosistemas. Por esta razón la presente propuesta tiene como fin determinar el estado ecológico de las microcuencas a estudiar, a través de la tasa de descomposición de la hojarasca y evaluar el estado ecológico de los ecosistemas fluviales del área de interés.

El crecimiento demográfico y el desarrollo industrial está en la actualidad ejerciendo grandes presiones a los ecosistemas naturales, en especial a los ecosistemas acuáticos (Allan, 2004). A nivel mundial esta constante ha hecho que surja un interés por la generación de herramientas de apoyo a la gestión ambiental que conlleven a una adecuada conservación del estado ecológico de los ecosistemas acuáticos y de esta forma evitar los problemas sociales y ecológicos que sufriría el deterioro del recurso hídrico.

Se espera que en los ríos donde existe mayor intervención por causas antrópicas tengan un menor grado de descomposición de materia orgánica a diferencia que en las zonas donde no hay tanta intervención; esto se debería a que al estar muy intervenidas la población de macroinvertebrados y microorganismos se verían afectadas y por ende alterando la funcionalidad de los afluentes, cosa contraria de lo que podría pasar en zonas intactas o poco afectadas donde la descomposición sería mayor.

### **Objetivos**

- Determinar el estado ecológico de los riachuelos propuestas para el estudio, determinando a través de la tasa de descomposición de la hojarasca de aliso.

### **Objetivos específicos**

- Determinará la tasa de descomposición (K) de las muestras aplicando el modelo Exponencial Negativo ( $Mt = M0 e^{-kt}$ ).
- Complementar el estado ecológico de los riachuelos a partir de: Índices biológicos y físicos químicos.
- Evaluar la ventaja de los indicadores funcionales dentro de la Gestión Ambiental, en actividades de control y seguimiento para la calidad de agua en las fuentes hídricas de la región alto andina.

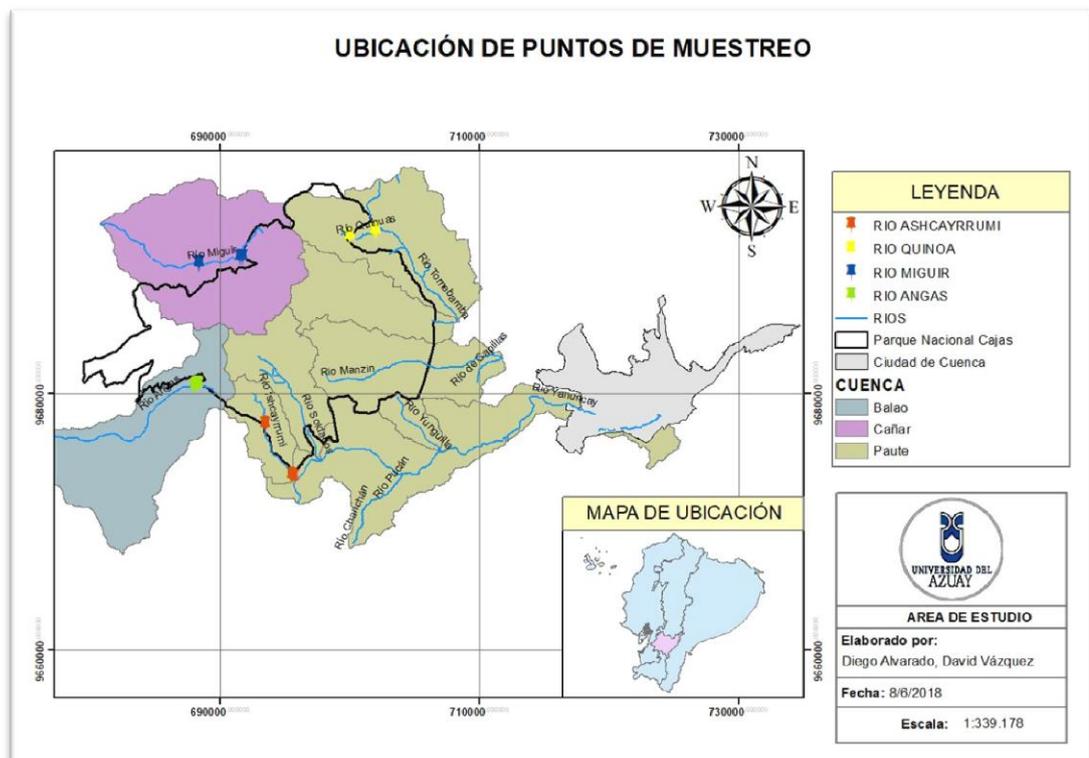
## CAPÍTULO 1: MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio:

El área de estudio se lo realizó en los límites Norte y Sur del Parque Nacional Cajas (PNC). El Parque Nacional Cajas (PNC) se encuentra ubicado en la Cordillera Occidental del Sur de los Andes ecuatorianos, se puede encontrar en un rango altitudinal de entre 1.800 a 3100 msnm. (Llaviuco), y los 4.200 msnm. (Sector sureste). El PNC está situado a 33 km al noroccidente de la ciudad de Cuenca dentro de las parroquias San Joaquín, Sayausí, Chaucha y Molleturo. (Jimenez & Rodríguez, 2013).

Una vez identificado el lugar en donde se realizó el estudio se estableció los puntos de muestreo en cuatro microcuencas de interés, que se encuentran ubicados en las afueras de los límites del PNC; las microcuencas seleccionadas fueron: río Miguir, río Quínoas, río Ishcayrumi, y río Angas. Los puntos de muestreo se establecieron en la primera etapa del proyecto considerando zonas en donde exista intervención, impactos o presiones antrópicas (zonas bajas) y zonas donde no exista intervención (zonas altas); además hay que indicar que estas zonas se determinaron también a través de un análisis del uso del suelo actual a partir de la información disponible mediante el programa de QGIS 2.18, para Windows.

Figura 1.- Mapa de ubicación de puntos de muestreo en 4 microcuencas



**Fuente:** Instituto Geográfico Militar (2016)

**Elaboración:** Los Autores

El Parque Nacional Cajas se encuentra entre dos vertientes oceánicas: la del pacífico y la del Atlántico; la primera es la unidad hidrográfica del río Amazonas (océano Atlántico) que además es la más extensa correspondiendo al 66.78% y la vertiente del Pacífico que corresponde al 33.22%. (ETAPA, 2018)

La subcuenca de mayor superficie dentro del Parque Nacional Cajas es la del río Paute con el 66.78%, luego le sigue la del río Cañar con el 20.23%, en tercer lugar está la subcuenca del río Balao (ETAPA, 2018). En la vertiente del Pacífico las microcuencas estudiadas fueron las del río Angas (Sub cuenca del Rio Balao) y el río Miguir (sub cuenca del río Cañar) y en la vertiente del Atlántico fueron: las microcuencas del río Quínoas e Ishcayrrumi (subcuenca del río Tomebamba).

Para establecer los lugares idóneos para el monitoreo se tomó puntos significativos en la zona del páramo donde se puedan contrastar zonas en condiciones de baja intervención antrópica (no contaminadas), con zonas de alta intervención antrópica (contaminadas).

Tabla 1.- *Puntos de muestreo y uso de suelo*

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>CODIGO</b>	<b>USO DE SUELO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
RIO MIGUIR ALTO	A1	Pastizales	691640	9690593
RIO MIGUIR BAJO	A6	Vegetación arbustiva (chaparro)	688318	9690146
RIO QUINOA ALTO	B1	Plantación forestal	700009	9692175
RIO QUINOA BAJO	B6	Vegetación arbustiva (chaparro)	701967	9692595
ISHCAYRRUMI BAJO	C1	Pastizales	695698	9673413
ISHCAYRRUMI ALTO	C6	Páramo	693474	9677575
ANGAS ALTO	D1	Páramo	688234	9680652
ANGAS BAJO	D6	Páramo	688101	9680621

**Elaboración:** Los Autores

## **Metodología**

### **Trabajo de campo**

#### **Identificación de ríos para la colocación de las muestras**

Para la colocación de las muestras se identificaron 4 ríos de interés, los mismos que se identificaron a través de imágenes satelitales con el programa QGIS 2.18, en donde se tomó en cuenta la cobertura vegetal y el uso del suelo, enfocándonos en cubrir zonas de páramo. En cada uno de estos efluentes se colocaron las bolsas de material vegetal para la toma de muestras teniendo como referencia el impacto en el lugar, es decir se colocaron muestras en zonas altas y zonas bajas; en la zona alta se buscaba lugares con menor intervención que puedan garantizar un mejor estado del agua y en las zonas bajas lugares donde se

podían determinar algunos impactos antrópicos como: ganado, agricultura, pastoreo, turismo, etc.

Los puntos de muestreo en los ríos: Miguir (río A), río Quínoas (río B), río Ishcayrumi (río C) y río Angas (río D); se los escogieron según la metodología señalada y se colocó un punto de muestreo con tres réplicas, separadas unas de otras por 20 metros tanto en la zona alta como en la zona baja; es decir en cada zona se colocó un total de 54 bolsas entre finas y gruesas, en cada río hubo 108 bolsas, teniendo al final un total de 432 bolsas en los 4 ríos.

### **Recolección y secado de la muestra vegetal (Aliso)**

Para obtener el material vegetal para llenar las bolsas de descomposición, se realizó la colección manual de hojas de Aliso, *Alnus acuminata* (Anexo 19); la cantidad de las hojas colectadas fueron en relación a la cantidad de bolsas de muestras que se utilizaron para el estudio, que luego fueron estrictamente seleccionadas con el fin de colocar únicamente hojas enteras y así evitar pérdida de la muestra al momento de la manipulación y transporte de las mismas.

### **Armado de las bolsas de muestreo**

Una vez colectadas las hojas se las secó al aire, dejándolas extendidas por un tiempo de 120 horas (5 días) para garantizar la completa pérdida de humedad en la hojarasca; cuando se desecaron completamente se colocó en las bolsas de mallas tanto gruesas como finas, la malla gruesa tiene una porosidad de 0,5 mm y la malla fina de 0,2 mm. se cosió con hilo nylon a la malla gruesa y a la malla fina se las cerró con grapas, asegurándose que no existan agujeros en los bordes de la malla para evitar la salida de las hojas (Anexos 20).

### **Puntos de muestreo**

El armado de las estaciones de muestreo se las realizó agarrándolas con amarras plásticas a una soguilla de 4 metros de longitud; se colocó 9 bolsas de malla gruesa en un lado y 9 de malla fina en el otro, en un extremo de la soga ira un saquillo de yute con piedras grandes para evitar el arrastre por la corriente del río y del otro extremo una varilla de hierro de 50cm. que cumplirá la función de sumergir y mantener extendidas las muestras (Anexo 21).

### **Incubación de las bolsas de descomposición**

El muestreo del presente estudio se lo realizó en 8 periodos: la primera salida fue para la colocación de las bolsas en los ríos A (Miguir) y B (Quínoas); luego de una semana se colocó en los ríos C (Ishcayrumi) y D (Angas). Una vez colocadas las muestras se

procedió a retirarlas, a los 15 días una estación de la zona alta y una de la zona baja; a los 28 días la segunda recolección que corresponde a la segunda estación de la zona alta y la segunda estación de la zona baja y, por último la tercera recolección se lo realizó a los 64 días las tercera estación correspondiendo a muestras de la zona alta y la tercera de la zona baja. Esto se lo realizó en cada uno de las 4 microcuencas de interés del estudio.

### **Registro de parámetros**

Para cada punto se determinó el ancho del cauce del río, para esto se utilizó un flujómetro. Se determinó a los 50 cm de una de las orillas, la velocidad de la corriente y la profundidad; la velocidad de la corriente se medirá con el velocímetro o flujómetro. Con los equipos Multiparámetro se determinó en cada punto fijado la conductividad, los TDS y el pH, oxígeno disuelto (mg/L), porcentaje de saturación de oxígeno (%) y temperatura del agua (°C) (Anexo 22).

### **Trabajo de laboratorio**

#### **Preparación de las muestras (bolsas de incubación)**

Al obtener las muestras incubadas el periodo determinado, se debe realizar es un lavado minucioso de las hojas tratando de quitar resto de tierra, piedras y ramas que no sean de la misma hoja de aliso y separando los macro invertebrados que se encuentren en las bolsas de muestreo, esto se realiza de manera individual a cada hoja con la ayuda de una piseta.

#### **Secado de las muestras**

Las hojas que se encuentren limpias se las colocaron en una bolsa de papel con el código asignado desde el inicio de la recolección de datos, y se los lleva a la estufa a una temperatura de 90 °C por un tiempo de 48 horas, en este tiempo se garantiza la pérdida completa de humedad con la que se encontraban las hojas. (Rincón, et al., 2017)

#### **Peso de alícuotas**

En la Figura 2, se observa el proceso para obtener el peso seco se lo realiza con una balanza analítica, para esto se debe colocar cuidadosamente la hoja seca para que no tener pérdida del peso real; lo que obtendremos será los gramos perdidos después del tiempo de incubación determinado. (Rincón, et al., 2017)



Figura 2.- Pesado de las hojas secas antes y después de muestrear

**Fuente:** Los Autores

### **Materia Orgánica Suspendida**

De cada una de estas muestras se sacó una sub muestra de unos 0,5 gr. los cuales se los colocó en capsulas de porcelana y se los llevó a la mufla a una temperatura de 500°C por un tiempo de 6 horas (figura 3); luego se obtuvo el peso final de este proceso. (Rincón, et al., 2017)



Figura 3.- Proceso de calcinación de alícuota de las muestras

**Fuente:** Los Autores

## **Análisis estadísticos bióticos**

### **Identificación de macroinvertebrados**

Una vez con las muestras de los macroinvertebrados en el laboratorio se procederá a la respectiva identificación utilizando claves taxonómicas de (Roldán Pérez, 1996); también se utilizó la bibliografía de (Rincón, et al., 2017) para la identificación de los macroinvertebrados de la zona alto andina de El Cajas. Para la correcta identificación se lo realizó con la ayuda de un estéreo microscopio, la identificación de los macroinvertebrados se lo realizó hasta género de la especie (Anexo 23).

### **Diversidad de macroinvertebrados bentónicos**

#### **Índice de Shannon – Wiener**

Se utilizará el índice de Shannon - Wiener (Equidad), este mide la diversidad de especies de un determinado hábitat, para ello el muestreo debe ser aleatorio (Mostacedo & Fredericksen, 2000).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

Dónde:

S= número de especies (la riqueza de especies)

H = Índice de Shannon – Wiener

Pi= proporción de individuos de la especie y respecto al total de individuos, es decir la Abundancia relativa de la especie ( $n_i / N$ )

$n_i$ = número de individuos de la especie

N= número total de individuos de todas las especies.

#### **Índice de dominancia Simpson**

El índice de Simpson sigue siendo uno de los más utilizados a pesar de ser es uno de los índices más antiguos (1949), los mismos que han sido utilizados por investigadores como: Patil y Taille en 1982 en donde indican que este índice como uno de los más populares. De acuerdo a la clasificación de los índices propuesta el índice de Simpson pertenece a la clase aditiva si hacemos que  $\pi_i = 1$ , es decir todas las especies tienen el mismo rango y  $R(\pi) = 1 - \pi_i$ . (Bouza & Covarrubias, 2014). Entonces:

$$\lambda_{Simp} = 1 - \sum \pi^2 i k_i = 1$$

Como indica la ecuación, se obtiene este índice entre 0 y 1.

### Análisis estadístico de datos

#### Tasa de descomposición de la hojarasca (K)

El valor de K se lo realizó mediante un análisis de regresión no lineal y prefijando un Modelo Exponencial Negativo ( $Mt = M_0 e^{-kt}$ ). Este análisis permite obtener los valores de los parámetros asociados con el mejor ajuste a la curva exponencial obtenida por mínimos cuadrados (Tusell, 2011)..

Dónde:

Mt= es la masa en tiempo (t), o valor de la magnitud en el instante  $t > 0$ .

M0= es el valor inicial de la variable, valor en  $t=0$ , cuando empezamos a medirla.

K=tasa de descomposición de la hojarasca a través del tiempo

t=es el tiempo en días  $t > 0$

#### Coeficiente de descomposición

Además se calculó el coeficiente de descomposición en el caso de las bolsas gruesas (Kg) y las bolsas finas (Kf) usando la expresión:  $-k = \ln(\text{MSLC}_{\text{remanente}}/\text{MSLC}_{\text{inicial}})/\text{Duración}$ , donde: MSLC<sub>inicial</sub> (g) es la masa inicial seca libre de ceniza al inicio, MSLC<sub>remanente</sub> (g) es la masa remanente luego de la exposición en la corriente, y Duración se refiere al número de días de exposición (Hladyz et al., 2010).

A partir de estos datos se obtendrán los valores de K total y Kg/Kf promedio para cada estación, estos serán analizados con los umbrales de integridad para los ríos alto andinos sugeridos por Rincón et. al. (2017).

Tabla 2.- *Propuesta del Umbral de valores métricos ( $K_g/K_f$  y  $K_{\text{total}}$ ) para evaluar la integridad funcional de los ríos alto andinos*

Método	Métricas de Evaluación	Criterio	Puntaje
	Cociente de las tasas de	$K_g/K_f = 1.37 - 4.37$	2
Cociente del	descomposición en	$K_g/K_f = 1.01 - 1.36 \text{ ó } 4.38 - 7.48$	1
valor absoluto	bolsas de malla gruesa y malla fina	$K_g/K_f = < 1.01 \text{ ó } > 7.48$	0

---

		$K_{total} = 0.017 - 0.061$	2
Valor absoluto	Coefficiente de descomposición en bolsas de malla gruesa	$K_{total} = 0.011 - 0.017 \text{ ó } 0.061 - 0.105$	1
		$K_{total} = < 0.011 \text{ ó } > 0.105$	0

---

Fuente: Rincón et. al. (2017)

### Análisis de varianza

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la relación entre la variable de respuesta (tasa de descomposición) y las variables independientes (zona alta o baja, tipo de malla, tiempo). A través del software RStudio 3.4.4 se evaluara el intervalo de confianza y la significancia de las variables, ingresando los datos obtenidos de la tasa de descomposición.

Esta prueba estadística se aplicará para contrastar la hipótesis nula de que la igualdad de las medias de diversidad y tasas de descomposición de los diferentes riachuelos de estudio, coinciden; con lo que todas las observaciones pueden considerarse que provienen de un único grupo cuya media y variabilidad es la misma que la de cualquiera de los grupos por separado. Pero si alguno de los grupos presenta unos valores que en media se alejan del resto, esto se apreciaría en el contraste como una fuente extra de variabilidad, y la significación del contraste se calcula evaluando si la variabilidad extra es muy grande con respecto a la variabilidad que sería de esperar si la hipótesis nula fuese cierta. Por ello al realizar un ANOVA siempre veremos factores de variabilidad (Barón & Tellez, 2004). Además, nos indica si la variabilidad es significativa. La ventaja de esta prueba con otros métodos estadísticos es que, mediante una única prueba, analiza un conjunto de datos y con un único riesgo.

## CAPÍTULO 2: RESULTADOS

### Dinámica de descomposición de la hojarasca

#### Tasa de descomposición de la hojarasca

Los resultados de la regresión no lineal muestran que el coeficiente de descomposición (K) tiene significancia para las bolsas gruesas con un valor de  $P = 0,00103$  (Río Miguir zona alta) y para bolsas finas de  $P = 4,17E-06$  (Quínoa zona baja), como se indica en la Tabla 3. Para efecto en este estudio al aplicar en una Zona Alta (ZA) y Zona Baja (ZB). En la Figura 4 y 5, se compara el Porcentaje de Descomposición (%D) en los puntos de muestreo.

#### Bolsas Finas

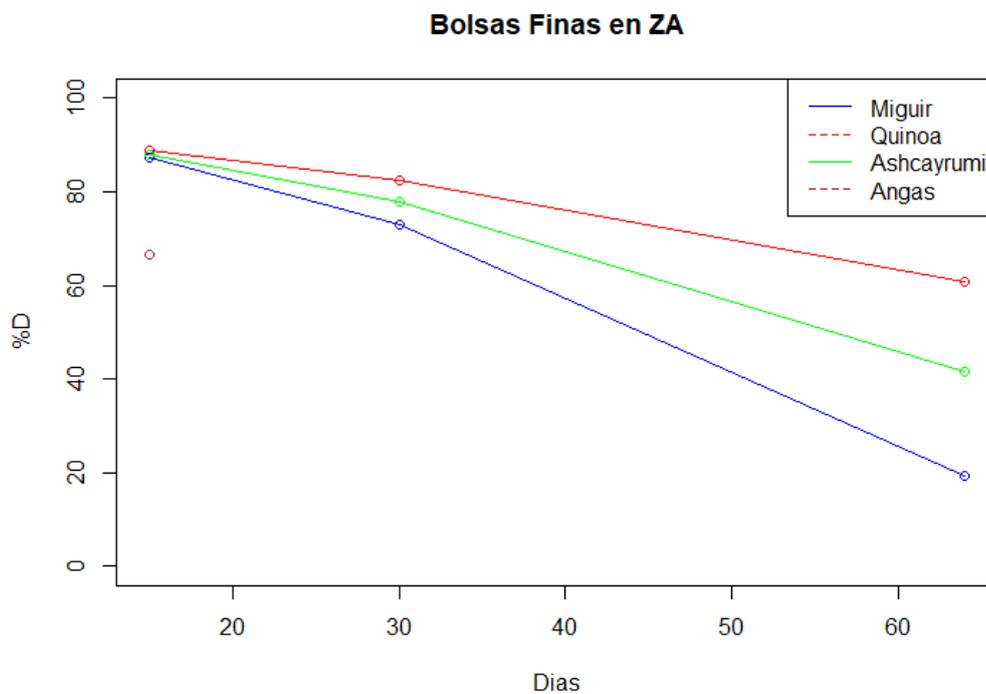


Figura 4.- Porcentaje de descomposición de Bolsas Finas en Zona Alta

**Elaboración:** Los Autores

En la Figura 4, se observa que en la ZA en los 15 días se descompone cerca del 10% y desciende hasta los 64 días, en el río Miguir obteniendo un 19,45% (80,55% de descomposición). Además, que el río Quínoa para el final de periodo tiene un valor de 60,68% (39,32 %) siendo el que en menor porcentaje se descompuso y para el río Angas a los 15 días llega a un 66,7 de porcentaje de descomposición (33,3 % de descomposición) en el caso del río Angas se dio la pérdida de muestras desde el día 15 en adelante se perdieron por arrastre de la corriente.

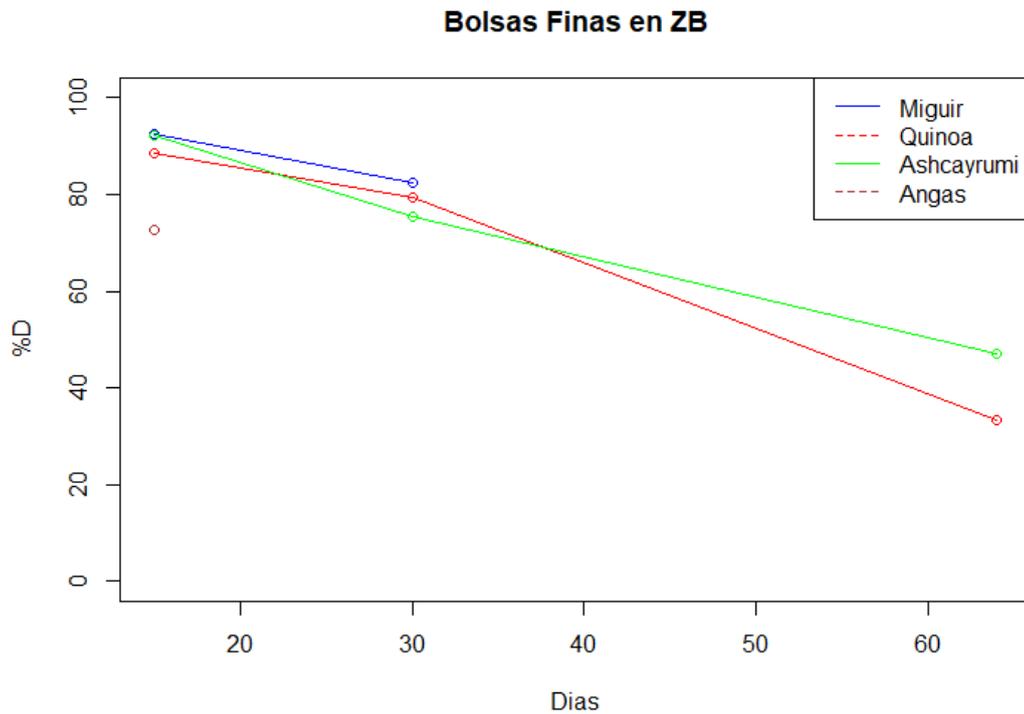


Figura 5.- *Porcentaje de descomposición de Bolsas Finas en Zona Baja*

**Elaboración:** Los Autores

En la Figura 5, se observa un patrón similar dentro de los primeros 15 días, ya que sigue siendo menor la descomposición en los primeros días, pero con la diferencia que para la ZA se llegó a un 11,23% (Quínoa) en cambio en ZB descompone en un 7,66 % (Miguir) y en Ishcayrumi se presente una descomposición de 7.92%. en el caso de Quínoas a los 64 días presenta mayor degradación 33,40% (66,6 % de descomposición) a diferencia de Ishcayrumi que tiene un 47,00 % (53,00 % de descomposición). También existen pérdidas ya que para el río Miguir no se registra valores a los 64 días igual que en el caso de Angas.

## Bolsas Gruesas

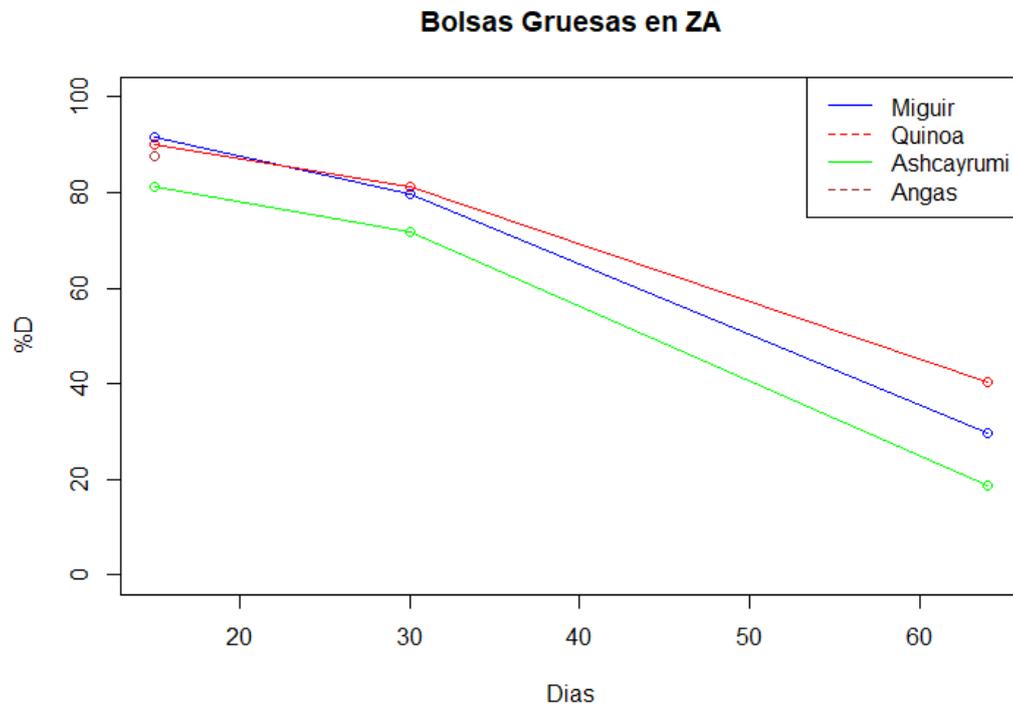


Figura 6.- *Porcentaje de descomposición de Bolsas Gruesas en Zona Alta*  
**Elaboración:** Los Autores

Las Bolsas Gruesas, en la Figura 6, muestran un comportamiento similar en los puntos de muestreo, como tendencia a los 15, 30 y 64 días no difieren en gran escala a la descomposición de hojarasca. En los 15 días el menor porcentaje de descomposición es de 8,59 % (Miguir). Y a los 64 días en la zona alta malla gruesa presenta una descomposición del 70,36 %. En Miguir, 59,76 % en Quínoas y 81,33% en Ishcayrumi; siendo este el de más alta tasa de descomposición.

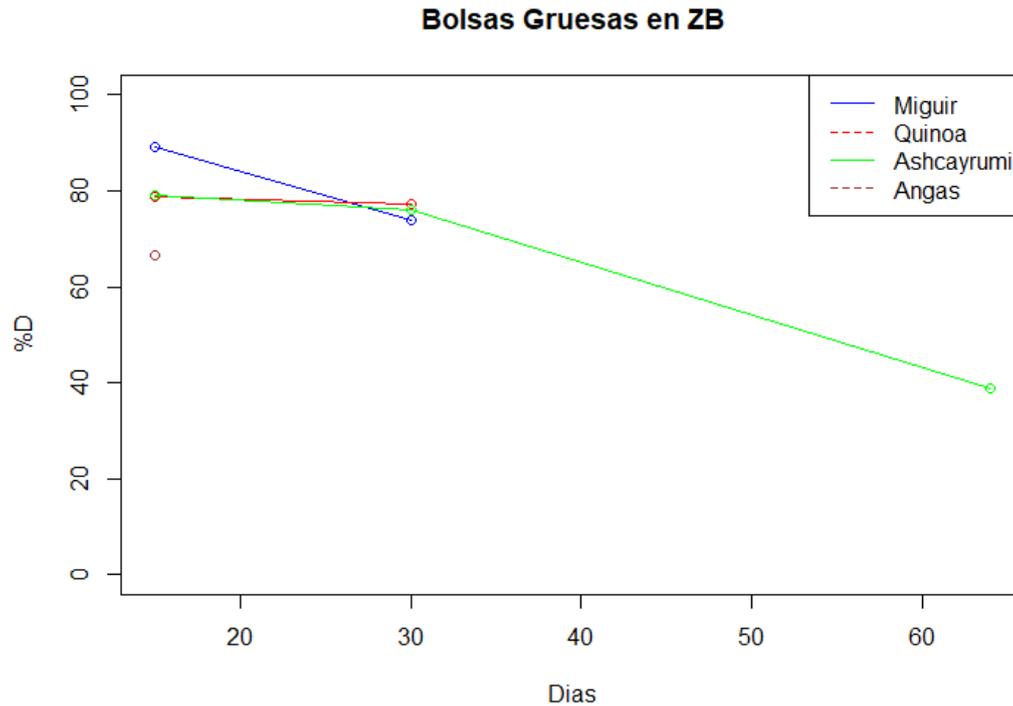


Figura 7.- Porcentaje de descomposición de Bolsas Gruesas en Zona Baja  
**Elaboración:** Los Autores

En la Figura 7, se observa que la pérdida de las muestras en esta zona fue muy alta, teniendo datos completos solo del río Ishcayrumi, en donde se puede observar que hay una descomposición de 61,16 % a los 64 días. En los otros caso, en el Río Miguir con 89,06 % (10,92 % de descomposición).

### Coeficiente de descomposición (K)

### Umbral de integridad funcional

Tabla 3. Resultados de Kf / Kg zona alta y baja

Zona	kf	kg	kg/kf	Puntaje	Estado
A- alto	0.016513	0.011156	0.675584061	0	malo
A- bajo	0.006008	0.008917	1.484110607	2	bueno
B- alto	0.007751	0.010449	1.348166763	1	regular
B - bajo	0.010042	0.013853	1.379533167	2	bueno
C- alto	0.012217	0.017041	1.394875215	2	bueno
C- Bajo	0.010650	0.014625	1.373275185	2	bueno
D- Alto	0.027056	0.009112	0.336773832	0	malo
D- bajo	0.024299	0.028073	1.155309125	1	regular

Tabla 4.- Resultados de K total zona alta y baja

zona	k	k total	Puntaje	Estado
A- alto- grueso	0.011156	0.013	1	regular
A- bajo - grueso	0.008917	0.009	0	malo
B-alto-grueso	0.010449	0.012	1	regular
B-bajo - grueso	0.013853	0.014	1	regular
C- alto - grueso	0.017041	0.021	2	bueno
C- bajo - grueso	0.014625	0.015	1	regular
D- Alto- grueso	0.009112	0.009	0	malo
D- abajo - Grueso	0.028073	0.028	0	malo

Se determinaron y compararon los valores con el umbral de integridad funcional (Tabla 2) propuesto por Rincón et. al. (2017). Los resultados obtenidos en relación a Kf /Kg, nos indican que los ríos y zonas con estado bueno son: A- bajo, B- bajo, C- Alto y C-bajo; con estado regular son: B-Alto, (D-bajo); y, las zonas de estado malo son: A-Alto y (D-alto) Tabla 3. En los resultados de K total, el único con un valor alto característico de estado bueno es el C-Alto coincidiendo con el valor de Kf/Kg; estado regular son: A-Alto, B-Alto, B-Bajo, C-Bajo; y las zonas de estado malo son: A-Bajo, (D-Alto y D-bajo) Tabla 4. Los datos del río D (Angas), no presentan un alto grado de confianza, ya que los datos que se obtuvieron fueron únicamente hasta los 15 días ya que el resto de muestras se perdieron por el arrastre de la corriente.

## ANOVA

Se establece que el análisis de varianza se aplicará a los puntos de muestreo para explicar el comportamiento de la tasa de descomposición (k), y de esta forma determinar la variable con mejor rendimiento, considerando el tipo de malla (gruesa o fina), tipo de zona (alta o baja) y tiempo (15, 30 y 64 días).

Tabla 5.- Valores (p) del (ANOVA) de la tasa de descomposición de la hojarasca, en función a la zona alta o baja de la malla gruesa.

Variable	Degr. of Freedom	Sum. Square	Mean. Square	F value	P value
AAG	1	0,001292	0,0012918	14,71	0,00103 **
ABG	1	2,496 E – 05	2,496 E - 05	1,032	0,328
BAG	1	0,000482	4,82 E – 04	4,824	0,0389 *
BBG	1	0,000315	0,0003145	1,094	0,311
CAG	1	0,001281	0,0012806	10,27	0,00445 **
CBG	1	0,0007018	0,0007018	5,17	0,0371 *
DAG	1	0,0002087	2,087 E – 04	8,782	0,0159 *
DBG	-	-	-	-	-

Códigos de Significancia: 0 `\*\*\*` 0,001 `\*\*` 0,01 `\*`

Códigos Puntos Muestreo: AAG = Miguir – Alto - Gruesa, ABG = Miguir – Bajo – Gruesa, BAG = Quínoa – Alto – Gruesa, BBG = Quínoa – Bajo – Gruesa, CAG = Ishcayruri – Alto – Gruesa, CBG = Ishcayruri – Bajo – Gruesa, DAG = Angas – Alto – Gruesa, DBG = Angas – Bajo – Gruesa.

**Elaboración:** Los Autores

En la Tabla 5, indica que los ríos Miguir, Ishcayruri y Quínoa obtuvieron valores  $p$  de significancia en relación al tiempo, siendo los mejores AAG y CAG, denotando que en estos ríos el uso de malla gruesa fue mejor para la descomposición de hojarasca, ambos en la zona alta. Esto posiblemente debido a que estas zonas no son tan intervenidas y existen mejores condiciones para este proceso.

En el caso de río Angas, los datos recolectados fueron únicamente hasta el primer periodo (15 días), puesto que el resto de las muestras se perdieron por el arrastre de la corriente.

Tabla 6.- Valores ( $p$ ) del análisis de varianza (ANOVA) para diferenciar la tasa de descomposición de la hojarasca, en función a la zona alta o baja de la malla fina.

<i>Variable</i>	<i>Degr. of Freedom</i>	<i>Sum. Square</i>	<i>Mean. Square</i>	<i>F value</i>	<i>P value</i>
AAF	1	0,002554	0,0025541	22,89	7,96 E – 05 ***
ABF	1	0,0000045	4,500 E - 06	0,262	0,616
BAF	1	0,0000087	4,500 E - 06	0,262	0,616
BBF	1	0,0003081	3,081 E - 04	37,88	4,17 E – 06 ***
CAF	1	0,000240	0,0002402	1,165	0,291
CBF	1	0,0000760	7,596 E - 05	1,943	0,181
DAF	-	-	-	-	-
DBF	-	-	-	-	-

Códigos de Significancia: 0 `\*\*\*` 0,001 `\*\*` 0,01 `\*`

Códigos Puntos Muestreo: AAF = Miguir – Alto - Fina, ABF = Miguir – Bajo – Fina, BAF = Quínoa – Alto – Fina, BBF = Quínoa – Bajo – Fina, CAF = Ashcayruri – Alto – Fina, CBF = Ashcayruri – Bajo – Fina, DAF = Angas – Alto – Fina, DBF = Angas – Bajo – Fina.

En la Tabla 6, se nota que para la malla fina los valores más significativos fueron AAF Y BBF, que pertenecen al río Miguir y Quínoa, existiendo una mejor descomposición en la parte alta de Miguir y en la baja de Quínoa.

**Parámetros fisicoquímicos**Tabla 7.- *Parámetros físicos- químicos tomados en las cuatro microcuencas del estudio*

RIO	ZONA	pH	Sólidos disueltos ml/lt	Caudal mts/seg	T°	Cond.
RIO MIGUIR	NO INTERVENIDA	8,4	264	0,35	14,15	519,5
	INTERVENIDA	8,31	293	0,35	14,35	559,5
RIO QUINOAS	NO INTERVENIDA	8,08	183	0,45	14,3	363,5
	INTERVENIDA	7,88	160,5	0,4	14,85	314,5
RIO ISHCAYRRUMI	NO INTERVENIDA	7,81	58,5	0,35	15,5	118,5
	INTERVENIDA	7,56	23,5	0,45	13,9	118,5
RIO ANGAS	NO INTERVENIDA	8,08	115	0,2	11,1	313
	INTERVENIDA	7,8	130	0,2	14,3	261

**Elaboración:** Los Autores

Según se indica en la Tabla 7, la microcuenca en donde se puede apreciar un valor ligeramente más básico el pH es en el río Miguir, las otras microcuencas se encuentran en rangos básicos; el pH se ve relacionado con el valor de los sólidos disueltos que en el caso del río Miguir son los valores más altos, estos van desde los 264 mg / lt en la zona alta hasta los 293 mg/lt en la zona intervenida o baja.

## Composición y diversidad de macroinvertebrados

### Índices ABI

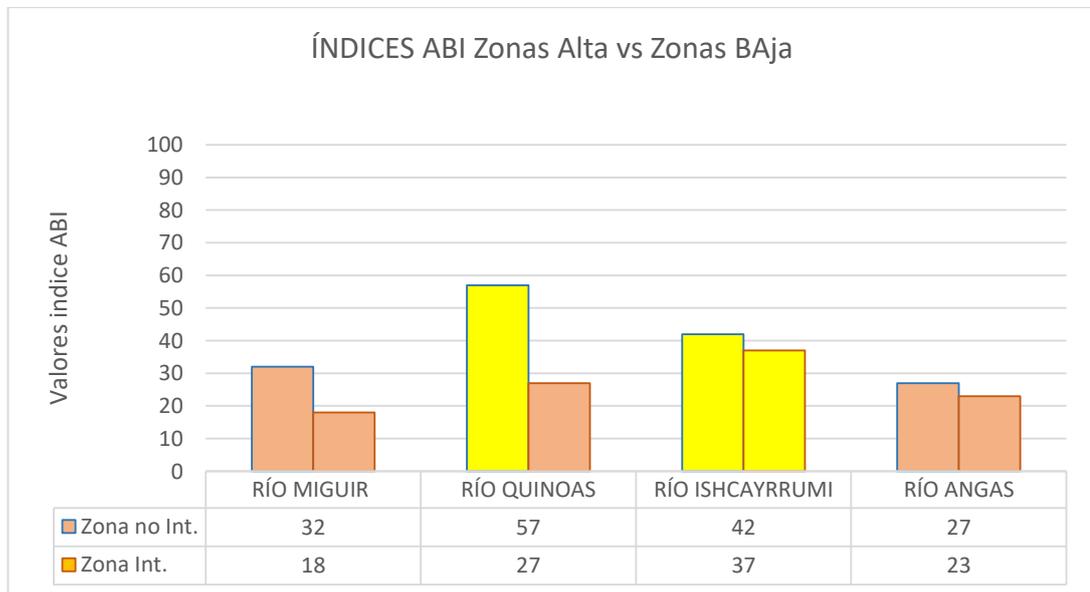


Figura 8.- Comparación ABI en zona alta y zona baja

Según se indica en la figura 8, las zonas altas mantienen mejor calidad del recurso agua que las zonas bajas de las mismas cuencas, esto en base a la calificación de tolerancia a la contaminación de las especies presentes (Pino, et al.,2003).

En análisis de la calidad de agua de los ríos en las zonas altas tenemos que el río Quínoas cuenta con la mejor calidad de agua calificada como Buena y las bajas de los ríos Miguir, Ishcayrrumi y río Angas cuentan con calidad de agua Regular.

De las zonas bajas en los ríos, tenemos que los ríos Quínoas e Ishcayrrumi cuentan con calidad de agua Regular, de la misma manera el análisis arrojó que los ríos Miguir y Angas (considerando que en este caso se perdieron gran cantidad de muestras) cuentan con calidad de agua considerada como Mala.

### Porcentaje de abundancia relativa de especies en zona alta y zona baja

Entendida como la representación en porcentaje de una especie en la sumatoria total de individuos presentes en una muestra; este dato nos arroja una visión clara de la abundancia de cierta especie en el ecosistema; de aquí la interpretación que podamos sacar es dada a la importancia de la especie como indicador de calidad.

## % DE ABUNDANCIA RELATIVA DE ESPECIES ZONA ALTA

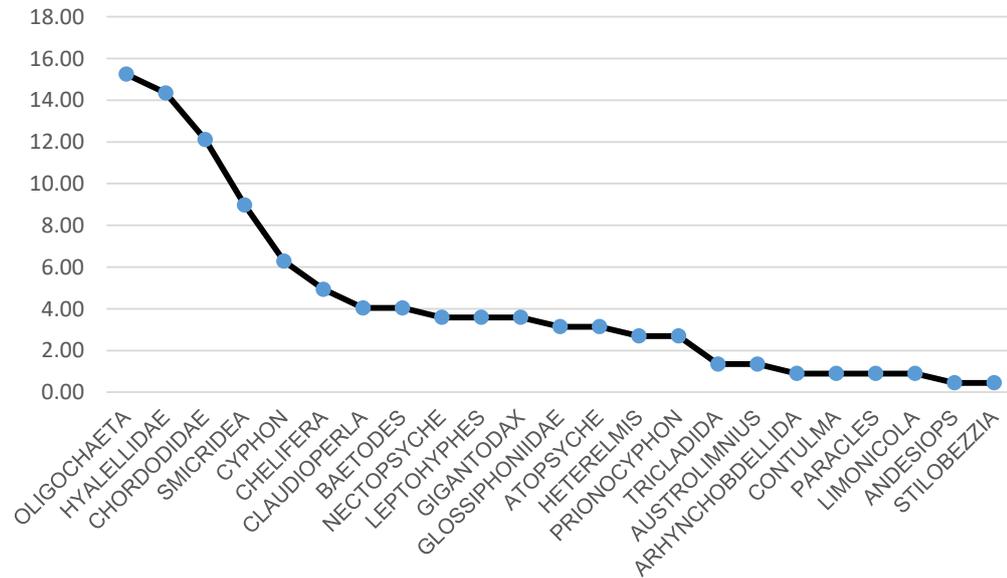


Figura 9.- Abundancia relativa zona Alta

**Elaboración:** Los Autores

En la Figura 9, con relación al porcentaje de abundancia relativa de cada especie en las zonas altas se puede demostrar que OLIGOCHAETA con un 15,25 %(indicador de pésima calidad), HYALELLIDAE con un 14,35 (indicador de calidad moderada), CHORDODIDAE con un 12,11 %(sin indicador definido), SMICRIDEA con un 11,97 % (indicador de calidad moderada) Y CYPHON 6,29% (indicador de calidad moderada) son las especies presentes con mayor abundancia, además en el análisis se especifica los valores que estas tiene en el índice ABI; especies como ANDESIOPS (sin valoración), STILOBEZZIA (indicador de mala calidad) y LISPE (indicador de mala calidad) cada una con un porcentaje de presencia .45% cada una son las de menor presencia en estas zonas.

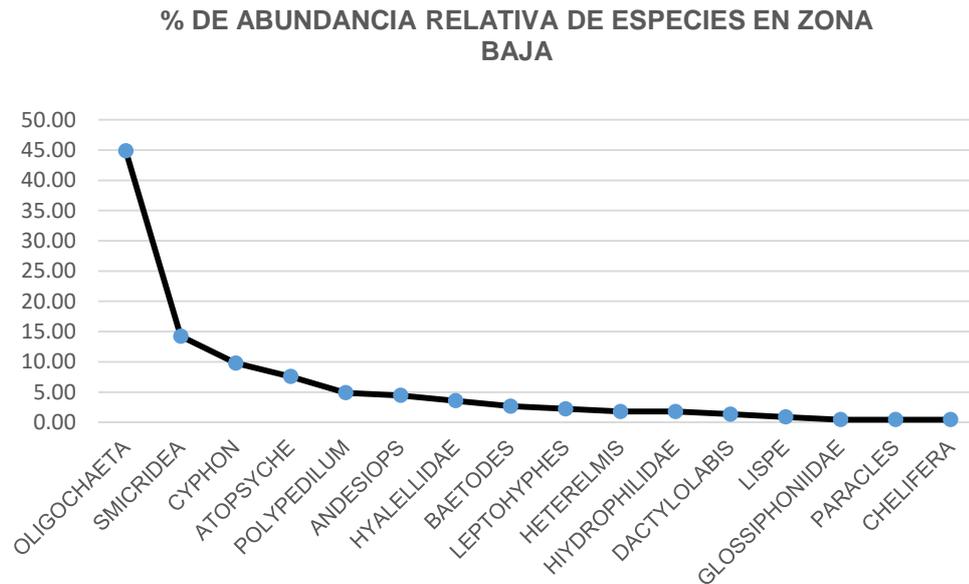


Figura 10.- *Abundancia relativa zona baja*

**Elaboración:** Los Autores

En la Figura 10, el porcentaje de abundancia relativa de cada especie en las zonas bajas se puede decir que OLIGOCHAETA con un 44,89 % (indicador de pésima calidad), SMICRIDEA con un 14,22 (indicador de calidad moderada), CYPON con un 9,78% (indicador de calidad moderada) y ATOPSYCHE con un 7,56% (indicador de buena calidad) son las especies presentes con mayor abundancia, además en el análisis se especifica los valores que estas tiene en el índice ABI; especies como GLOSSIPHONIIDAE (indicador de mala calidad), PARACLES (índice no definido) y CHELIFERA ( de calidad moderada) cada una con un porcentaje de 0.44% son las de menor presencia en estas zonas.

Tabla 8.- *Porcentaje de abundancia en zona alta y baja*

PORCENTAJE DE ABUNDANCIA DE ESPECIES ZONA BAJA Y ZONA ALTA		
	# DE INDIVIDUOS TOTALES	% DE INDV. DE LA MUESTRA TOTAL
ZONA ALTA	223	49,776
ZONA BAJA	225	50,223
TOTAL	448	100%

**Elaboración:** Los Autores

En la Tabla 8, nos muestra que el número de individuos que se obtuvieron es de 448 en total, de estos el 49,77% se encuentra en la zona alta y el 50,22 % en la zona baja.

### Índice de diversidad de Simpson

El índice de dominancia Simpson respecto a las zonas no intervenidas revelan que las zonas con mayor diversidad están presentes en los ríos Quinoas e Ishcayrrumi, así también en contraposición se encuentra el río Angas con la diversidad más baja.

Los valores concernientes al índice de dominancia Simpson respecto a las zonas intervenidas, arrojan una tendencia de mayor diversidad en las zonas intervenidas de los ríos Quinoas y Miguir, encontrando mayor dominancia de especies en la zona intervenida del río Ishcayrrumi; además de poder evidenciar mediante gráficos cuáles son las especies con mayor dominancia de las zonas altas y bajas de cada río.

Tabla 9.- Índice de Simpson en las zonas altas y bajas de las microcuencas

RIOS	ZONAS	SIMPSON
RIO MIGUIR	BAJA	0,62
RIO QUÍNOAS	BAJA	0,62
RIO ISHCAYRRUMI	BAJA	0,81
RIO ANGAS	BAJA	0,72
RIO MIGUIR	ALTA	0,82
RIO QUÍNOAS	ALTA	0,88
RIO ISHCAYRRUMI	ALTA	0,83
RIO ANGAS	ALTA	0,74

Elaboración: Los Autores

Índices De Simpson entre Zonas Altas Y Bajas de cada río

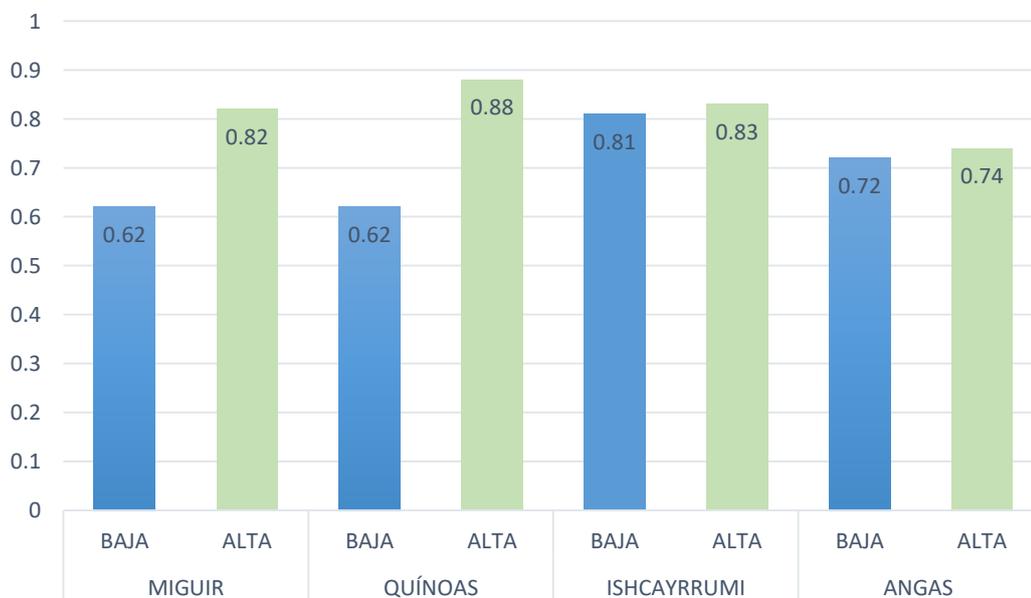


Figura 11.- Comparación de índice de Simpson entre zona alta y baja

Tabla 10.- Índice promedio de Simpson entre zonas altas y bajas de los cuatro ríos

ZONA ALTA	ZONA BAJA
0,92	0,76

**Elaboración:** Los Autores

En la Tabla 10, se presenta el análisis consolidado por zonas altas y bajas observando que el índice de dominancia Simpson arrojan una tendencia de mayor diversidad en las zonas alta de cada río en comparación con la mayor dominancia de especies en las zona baja de cada sitio.

#### **Índice de dominancia de Shannon**

En la Tabla 11, se puede indicar que los valores concernientes al índice de equidad Shannon arrojan en general una biodiversidad baja en todas las zonas tanto altas como bajas de las cuencas, al encontrarse valores por debajo del valor 1. El río Miguir zona alta, Quínoas e Ishcayrrumi son los ecosistemas con mayor diversidad (Bouza, C., & Covarrubias, D. (2014).

Tabla 11.- Índices de Shannon de las zonas bajas y altas de las microcuencas en estudio

RIOS	ZONAS	SHANNON
RIO MIGUIR	ALTA	0,93
RIO QUINOAS	ALTA	0,88
RIO ISHCAYRRUMI	ALTA	0,90
RIO ANGAS	ALTA	0,82
RIO MIGUIR	BAJA	0,77
RIO QUINOAS	BAJA	0,61
RIO ISHCAYRRUMI	BAJA	0,83
RIO ANGAS	BAJA	0,83

**Elaboración:** Los Autores

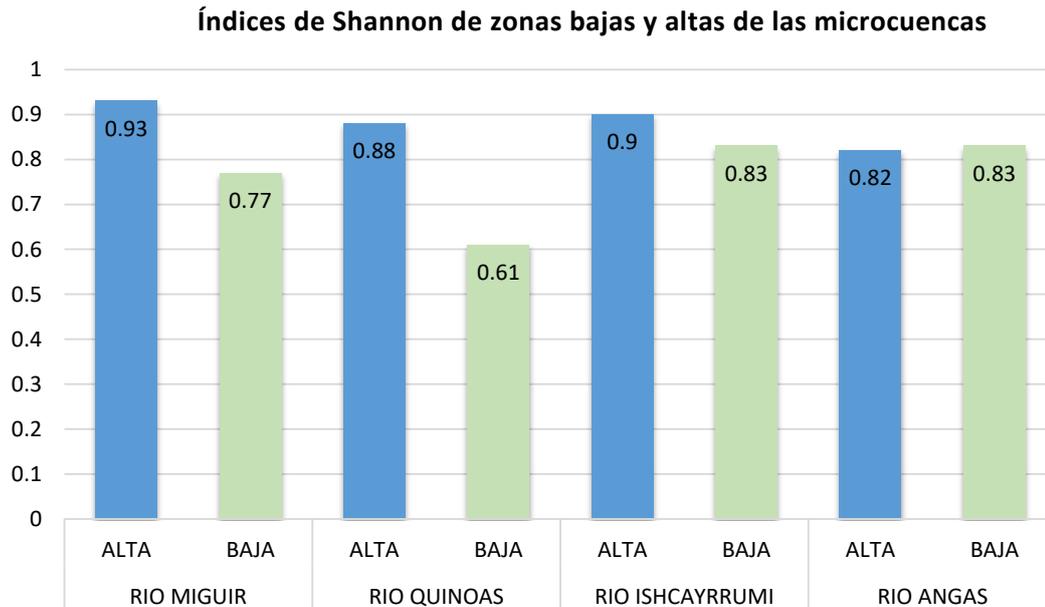


Figura 12.-Comparación entre las zonas altas y bajas de las microcuencas

Tabla 12.- Índice promedio de Simpson entre zonas altas y bajas de los cuatro ríos

ZONA ALTA	ZONA BAJA
0,8825	0,76

**Elaboración:** Los Autores

En la Tabla 12, se presenta el análisis, basado en el promedio de la sumatoria de los índices por zonas altas y bajas observando; que el índice de Shannon arroja una tendencia de mayor diversidad en las zonas altas de cada río en comparación con una menor diversidad en las zonas bajas, cabe señalar que ambas zonas se encuentran con valores por debajo al valor 1 indicando en general una baja diversidad.

### CAPÍTULO 3: DISCUSIÓN

En varios trabajos se ha determinado que la descomposición en las bolsas de malla con hojarasca es mejor en los ríos altoandinos con presencia de macroinvertebrados. Esto se ha corroborado en este estudio, en los puntos de muestreo con malla gruesa se obtuvo una mejor descomposición que con las bolsas de malla fina (Santacruz, 2016); (Rincón, Merchán, Sparer, et al., 2017);(Jiménez, 2018). Por lo que, en concordancia con los autores, los macroinvertebrados tienen importancia en este proceso. También establece las diferencias respecto a la tasa de descomposición entre una cuenca y otra; para las cuencas de este estudio se presentaron variaciones por lo que también se concuerda con (Santacruz, 2016), en este aspecto.

En tanto a la tasa de descomposición en función a la zona sea alta o baja se pudo apreciar que, en las zonas altas se obtuvo ligeramente una mayor descomposición que en la zona baja, esto se puede deber a los impactos o presión representan los asentamientos humanos y pastoreo en las zonas bajas de los ríos estudiados. En el estudio de tesis realizado por Jiménez, (2018), se presenta una similitud con estos resultados ya que la mayor descomposición se obtuvo en una zona alta de páramo y en mallas gruesas.

Rincón et. al. (2017), describe que en los resultados correspondientes al pH de las microcuencas estudiadas(Matadero, Llaviuco y Mazán), presentan una ligera tendencia alcalina en todas las muestras tomadas Rincón et. al. (2017); de esta misma forma, en el presente estudio se presenta una ligera alcalinidad en todas las muestras de las microcuencas tanto en las zonas alta como en las zona bajas, siendo la más alcalina la del río Miguir en la zona alta.

Guerrero & Urdiales (2016) analizaron la descomposición de la hojarasca en *Aliso* y *Miconia*, para las cuencas de Mazan, Matadero y Llaviuco únicamente en bolsa de malla fina, obteniendo que la descomposición se incrementa al contar con un mayor nivel y circulación de nutrientes. Para este estudio la malla fina-zona alta en el Río Miguir a los 64 días, el porcentaje de remanente alcanzó el 19,44 % representando a un porcentaje de descomposición del 80,54%, siendo el más significativo en este estudio.

El uso de mallas gruesas y finas en este estudio tiene la finalidad de evaluar el papel que tienen los macroinvertebrados fragmentadores en este ecosistema; se pudo constatar por los resultados obtenidos que los puntos de muestreo presentan características diferentes, teniendo un comportamiento similar pero no igual entre ellos, el Río con mayor abundancia y diversidad de especies fue Miguir en la zona alta.

Dentro del presente estudio se corrobora que la comunidad de macroinvertebrados influencia al proceso de descomposición de la hojarasca, pudiendo acelerar dicho proceso, en función a la cantidad de especies (Rincón et al. 2017)

La descomposición de hojarasca depende de factores abióticos y bióticos, los factores físicoquímicas del agua y organismos que colonizan y consumen la materia orgánica. El uso del suelo en el factor de descomposición puede o no evidenciarse en la tasa de descomposición, pero podría influenciar en algunos cambios en los factores que la afectan. (Jiménez, 2018). En el caso del Ecuador se han realizado investigaciones con el fin de evaluar los efectos de la transformación de áreas boscosas en pastizales a través de los estudios de descomposición de la hojarasca (Rincón, Merchán, Rojas, et al., 2017).

La estacionalidad es otro factor que afecta la descomposición de la hojarasca (Niu & Dudgeon, 2011). Encontraron que, en arroyos tropicales, la descomposición de la hojarasca en la época seca estuvo influenciada principalmente por las abundancias de recolectores (que pueden incrementar el rompimiento de la hojarasca) y fragmentadores (los cuales se alimentan de ella). En cambio, en la época lluviosa, la variable que más influyó sobre la descomposición fue la descarga, que puede aumentar la fragmentación debido a la acción física del flujo. En otro estudio, encontraron resultados similares a los anteriores para la época lluviosa, mientras que en la época de menor precipitación fue más importante el efecto de los fragmentadores. En el estudio se debe tener en cuenta que se lo realizó en época de invierno en donde las precipitación fue constante a lo largo de la época de muestreo, lo cual pudo haber influido en la tasa de descomposición (Ferreira, Graça, de Lima, & Gomes, 2006).

## CONCLUSIÓN

En relación al porcentaje de descomposición para los puntos de muestreo, el que presenta un mayor porcentaje de descomposición es en el caso del río Miguir con un valor del 80.56% de descomposición a los 64 días en la zona alta malla fina. Para la muestra de malla gruesa en la zona alta el porcentaje es de 70,36%, demostrando que en la zona alta existe una mayor descomposición de la hojarasca.

Según el umbral de integridad propuesto por Rincón et. al (2017) nos indican que los ríos y zonas con estado bueno son: Miguir-bajo, Quínoa-bajo, Ishcayrrumi-Alto e Ishcayrrumi-bajo; En los resultados de K total, el único con un valor alto característico de estado bueno es el Ishcayrrumi-Alto. Los datos del río D (Angas), no presentan un alto grado de confianza, ya que los datos que se obtuvieron fueron únicamente hasta los 15 días ya que el resto de muestras se perdieron.

Según los índices realizados dominancia Simpson arrojan una tendencia de mayor diversidad en la zona alta del río Angas (considerando que existe una gran pérdida de muestras) y el río Miguir con un valor relativamente bajo también demuestra mayor diversidad; además de una mayor dominancia de especies en las zona altas del río Quínoas.

En relación a los índices de equidad Shannon, arrojan en general una biodiversidad baja en todas las 4 cuencas, ya que se encuentran valores por debajo del valor 1; siendo las zonas bajas de la que cuentan con mayor puntaje de diversidad; esto es entendible ya que el número de macroinvertebrados no es representativo por la metodología de muestreo de macroinvertebrados.

En este sentido se concluye que la microcuenca con el mejor estado ecológico representaría a la microcuenca del río Miguir en la zona alta con la malla fina y el río Ishcayrrumi en la zona alta. Se debe tener en cuenta que si bien la malla fina impide macroinvertebrados, esto no es absoluto ya que pequeñas larvas ingresan y actúan directamente en este tipo de malla, lo cual podría ser un mejor método de medición en relación a la descomposición de la hojarasca.

Los análisis físico químicos para medir la salud de los ríos es insuficiente para determinar este aspecto, se concluye que las medidas funcionales revelan la realidad de cada río, explicando su estado en un tiempo determinado (15, 30 y 64 días en este estudio) siendo una herramienta accesible y aplicable para la Gestión de las fuentes hídricas y un apoyo sustancial en el control y seguimiento de las mismas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, C. R., & Prat, N. (2009). Estudio de la Cuenca Altoandina del río Cañete (Perú): Distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas. *Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Doctorado*, 153.
- Aldridge, K. T., Brookes, J. D., & Ganf, G. G. (2009). Rehabilitation of stream ecosystem functions through the reintroduction of coarse particulate organic matter. *Restoration Ecology*, 17(1), 97–106. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2007.00338.x>
- Allan, J. D. (2004). Influence of land use and landscape setting on the ecological status of rivers. *Limnetica*, 23(3–4), 187–198. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122>
- Argollo, J. (2006). Aspectos geológicos, (Figura 1).
- Barlocher, F. (2007). Molecular approaches applied to aquatic hyphomycetes, 21, 19–24. <https://doi.org/10.1016/j.fbr.2007.02.003>
- Bouza, C., & Covarrubias, D. (2014). Estimation of the Simpson diversity index in m sampling plots, 26(January 2005), 187–197.
- Casas, J., Gessner, M., Lopez, D., & Descals, E. (2011). Leaf-litter colonisation and breakdown in relation to stream typology : insights from Mediterranean low-order streams, 2594–2608. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02686.x>
- Emck, P., Moreira-muñoz, A., & Richter, M. (2006). El clima y sus efectos en la vegetación. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, 11–36.
- ETAPA. (2018). *Actualización del Plan de Manejo del Parque Nacional Cajas*. Retrieved from <https://bit.ly/2qjeDSa>
- Eyes-Escalante, M., Rodríguez-Barrios, J., & Gutiérrez-Moreno, L. C. (2012). Leaf litter decomposition and its relation with aquatic macroinvertebrates of the gaira river (Santa Marta - Colombia). *Acta Biologica Colombiana*, 17(1), 77–91. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84861476609&partnerID=40&md5=30b97054618602e80e697694c0a28a42>
- Ferreira, V., Graça, M. A. S., de Lima, J. L. M. P., & Gomes, R. (2006). Role of physical fragmentation and invertebrate activity in the breakdown rate of leaves. *Archiv Für Hydrobiologie*, 165(4), 493–513. <https://doi.org/10.1127/0003-9136/2006/0165-0493>
- Gelvez, I. (2008). *Efecto del uso del suelo sobre la descomposición de hojarasca y grupos*

*funcionales microbianos (Cuenca del río La Vieja, Quindío).*

Jimenez, A., & Rodríguez, R. (2013). "Incidencias De La Declaración Del Macizo Del Cajas Como Reserva Del Biosfera En El Aspecto Turístico Del Parque Nacional Cajas."

Jiménez, R. (2018). *Variación de la tasa de descomposición de la hojarasca de aliso con y sin macroinvertebrados en dos riachuelos altoandinos del sur del Ecuador. Trabajo.*

Mostacedo, B., & Fredericksen, T. S. (2000). Métodos Básicos de muestreo y Análisis en Ecología Vegetal. *Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR)*, 92.  
<https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Niu, S. Q., & Dudgeon, D. (2011). The influence of flow and season upon leaf-litter breakdown in monsoonal Hong Kong streams. *Hydrobiologia*, 663(1), 205–215.  
<https://doi.org/10.1007/s10750-010-0573-4>

Palma, A., & Figueroa, R. (2008). Latitudinal diversity of plecoptera (insecta) on local and global scales. *ILLies*, 4(8), 81–90.

Pérez, R., Pineda, R., & Medina, M. (1999). Integridad biótica de ambientes acuáticos. *Perspectivas Sobre Conservación de Ecosistemas Acuáticos En México.*, 71–111.

Rincón, J., Merchán, D., Rojas, D., Sparer, A., & Zárate, E. (2017). *Macroinvertebrados acuáticos de los ríos del Parque Nacional Cajas.*

Rincón, J., Merchán, D., Sparer, A., Rojas, D., & Zárate, E. (2017). La descomposición de la hojarasca como herramienta para evaluar la integridad funcional de ríos altoandinos del sur del Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 65(1), 321–334.  
<https://doi.org/10.15517/rbt.v65i1.23233>

Roldán Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia.*

Santacruz, T. (2016). *Estudio de la dinámica y variación de las tasas de descomposición de hojarasca en ríos altoandinos, con diferentes uso de suelo.*

Springer, M. (2010). Biomonitoring Acuático, 53–59.

Tusell, F. (2011). Análisis de Regresión: Introducción Teórica y Práctica basada en R Índice general.

Webster, J. R., & Benfield, E. F. (1986). Vascular Plant Breakdown in Freshwater Ecosystems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 17(1), 567–594.  
<https://doi.org/10.1146/annurev.es.17.110186.003031>

Young, K. (2011). Introduction to Andean Geographies. *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*, 276–294.

## ANEXOS

Anexo 1.- *Coordenadas Geográficas de las microcuencas de estudio*

CARACTERISTICAS	CODIGO	X	Y	ALTURA
RIO MIGUIR ALTO	A2	691744	9690578	3636
RIO MIGUIR ALTO	A1	691640	9690593	3631
RIO MIGUIR ALTO	A3	691455	9690557	3621
RIO MIGUIR BAJO	A6	688318	9690146	3425
RIO MIGUIR BAJO	A5	688343	9690129	3317
RIO MIGUIR BAJO	A4	688395	9690083	3446
RIO QUINOA ALTO	B1	700009	9692175	3706
RIO QUINOA ALTO	B3	699917	9692208	3726
RIO QUINOA ALTO	B2	699983	9692191	3737
RIO QUINOA BAJO	B6	701967	9692595	3611
RIO QUINOA BAJO	B5	701993	9692616	3600
RIO QUINOA BAJO	B4	702047	9692668	3595
ISHCAYRRUMI BAJO	C2	695538	9673565	3560
ISHCAYRRUMI BAJO	C3	695613	9673542	3520
ISHCAYRRUMI BAJO	C1	695698	9673413	3440
ISHCAYRRUMI ALTO	C5	693492	9677491	3748
ISHCAYRRUMI ALTO	C6	693474	9677575	3731
ISHCAYRRUMI ALTO	C4	693470	9677532	3750
ANGAS ALTO	D2	688291	9680688	3814
ANGAS ALTO	D1	688234	9680652	3809
ANGAS ALTO	D3	688173	9680627	3807
ANGAS BAJO	D6	688101	9680621	3804
ANGAS BAJO	D5	688053	9680600	3801
ANGAS BAJO	D4	687988	9680573	3795

**Elaboración:** los autores

Anexo 2.- *Uso de suelo en los puntos de muestreo*

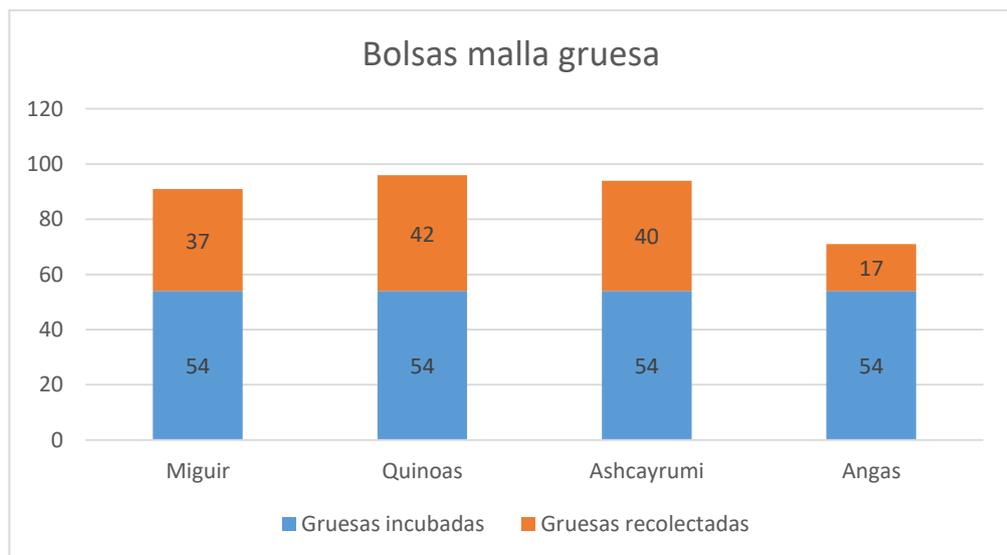
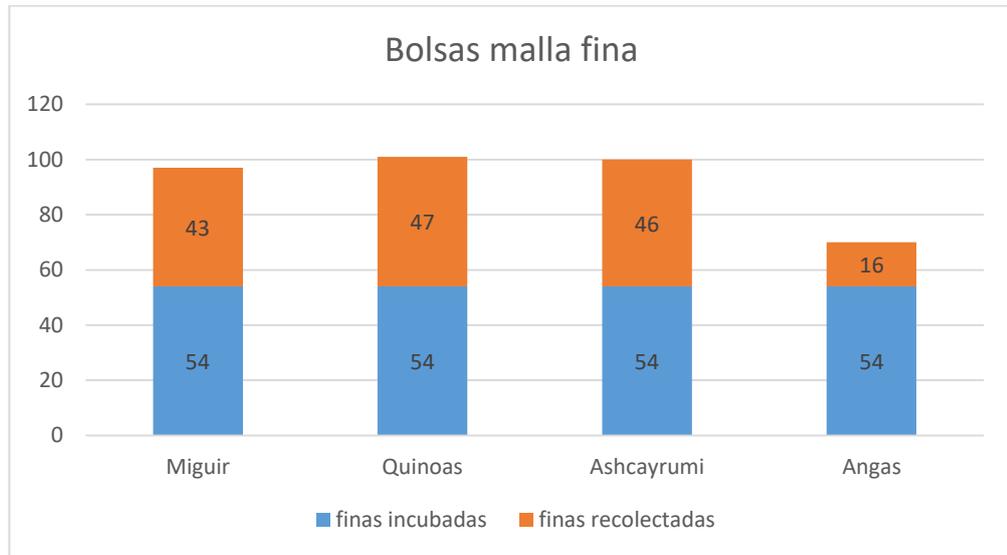
<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>CODIGO</b>	<b>USO DE SUELO</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
RIO MIGUIR ALTO	A2	Pastizales	691744	9690578
RIO MIGUIR ALTO	A1	Pastizales	691640	9690593
RIO MIGUIR ALTO	A3	Áreas sin cobertura vegetal	691455	9690557
RIO MIGUIR BAJO	A6	Vegetación arbustiva (chaparro)	688318	9690146
RIO MIGUIR BAJO	A5	Pastizales	688343	9690129
RIO MIGUIR BAJO	A4	Vegetación arbustiva (chaparro)	688395	9690083
RIO QUINOA ALTO	B1	Plantación forestal	700009	9692175
RIO QUINOA ALTO	B3	Plantación forestal	699917	9692208
RIO QUINOA ALTO	B2	Afloramiento rocoso	699983	9692191
RIO QUINOA BAJO	B6	Vegetación arbustiva (chaparro)	701967	9692595
RIO QUINOA BAJO	B5	Vegetación arbustiva (chaparro)	701993	9692616
RIO QUINOA BAJO	B4	Pastizales	702047	9692668
ISHCAYRRUMI BAJO	C2	Pastizales	695538	9673565
ISHCAYRRUMI BAJO	C3	Pastizales	695613	9673542
ISHCAYRRUMI BAJO	C1	Pastizales	695698	9673413
ISHCAYRRUMI ALTO	C5	Páramo	693492	9677491
ISHCAYRRUMI ALTO	C6	Páramo	693474	9677575
ISHCAYRRUMI ALTO	C4	Páramo	693470	9677532
ANGAS ALTO	D2	Páramo	688291	9680688
ANGAS ALTO	D1	Páramo	688234	9680652
ANGAS ALTO	D3	Páramo	688173	9680627
ANGAS BAJO	D6	Páramo	688101	9680621
ANGAS BAJO	D5	Páramo	688053	9680600
ANGAS BAJO	D4	Páramo	687988	9680573

## Anexo 3.- Cronograma de actividades de campos

<b>CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES EN CAMPO</b>		
<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FECHA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
COLOCA MUESTRAS EN RIO A (MIGUIR )	02-feb-18	SE COLOCA 6 PUNTOS DE MONITOREO
COLOCA MUESTRAS EN EL RIO B (QUINOAS)	03-feb-18	SE COLOCA 6 PUNTOS DE MONITOREO
COLOCA MUESTRAS EN EL RIO C (SOLDADOS )	09-feb-18	SE COLOCA 6 PUNTOS DE MONITOREO
COLACA MUESTRAS EN EL RIO D ( ANGAS)	09-feb-18	SE COLOCA 6 PUNTOS DE MONITOREO
SACAR 1RA MUESTRA DE RIO A ( MIGUIR)	18-feb-18	SE SACA PUNTO A5 (BAJO) Y A3 (ALTO)
SACAR 1RA MUESTRAS DE RIO B (QUINOAS)	18-feb-18	SE SACA PUNTO B2 (ALTO) Y B4 (BAJO)
SACAR 1RA MUESTRA DE RIO C (SOLDADOS)	25-feb-18	
SACAR 1RA MUESTRA DE RIO D (ANGAS)	25-feb-18	
SACAR 2DA MUESTRA DE RIO A (MIGUIR)	04-mar-18	
SACAR 2DA MUESTRA RIO B (QUINOAS)	04-mar-18	
SACAR 2DA MUESTRA RIO C (SOLDADOS)	11-mar-18	
SACAR 2DA MUESTRA RIO D (ANGAS)	11-mar-18	
SACAR 3RA MUESTRA DE RIO A (MIGUIR)	08-abr-18	
SACAR 3RA MUESTRA DE RIO B (QUINOAS)	08-abr-18	
SACAR 3RA MUESTRA DE RIO C (SOLDADOS)	15-abr-18	
SACAR 3RA MUESTRA DE RIO D ( ANGAS)	15-abr-18	

**Elaboración:** los autores

Anexo 4.- Número de muestras recolectadas y muestras perdida en las microcuencas



Anexo 5.- *Matriz de tasa de descomposición de los puntos de muestreo de malla gruesa*

Días	AAG	ABG	BAG	BBG	CAG	CBG	DAG	DBG
15	0.0003	0.0047	0.0025	0.0115	0.0125	0.0207	0.0033	0.0335
15	0.0088	0.0037	0.0077	0.0122	0.0152	0.0109	0.007	0.0494
15	0.0071	0.0006	0.0148	0.0053	0.01	0.0066	0.0054	0.0204
15	0.0072	0.0074	0.0005	0.0116	0.0106	0.0061	0.0011	0.0117
15	0.0048	0.0061	0.0269	0.009	0.014	0.0121	0.0083	0.0227
15	0.0034	0.0149	0.0035	0.0096	0.016	0.0065	0.0098	0.0308
15	0.0089	0.0106	0.0001	0.0191	0.0195	0.007	0.0042	
15	0.0058	0.0129	0.0021	0.0107	0.01	0.0076	0.0126	
15	0.008	0.0099	0.0086	0.0808	0.018	0.0118	0.0118	
30	0.0037	0.0177	0.0064	0.0096	0.0117	0.0116	0.0251	
30	0.0129	0.0033	0.0059	0.0108	0.0083	0.0145	0.0116	
30	0.0025	0.0074	0.0063	0.0087	0.0084	0.0142		
30	0.0133	0.0078	0.0059	0.009	0.0101	0.012		
30	0.0081	0.0153	0.0044	0.0123	0.0111	0.004		
30	0.0098	0.0115	0.0082	0.0089	0.0098	0.0581		
30	0.0088		0.0131	0.0089	0.0122	0.0091		
30	0.0036		0.0093	0.0042	0.0119	0.0146		
64	0.0066		0.0039	0.0071	0.0167	0.0358		
64	0.0307		0.0041		0.0099			
64	0.0177		0.0041		0.0311			
64	0.017		0.01		0.0651			
64	0.0565		0.0364		0.0429			
64			0.038					
64			0.0281					

---

**Elaboración:** Los Autores

Anexo 6.- Matriz de tasa de descomposición de los puntos de muestreo de malla fina

Días	AAF	ABF	BAF	BBF	CAF	CBF	DAF	DBF
15	0.006	0.018	0.001	0.009	0.002	0.002	0.025	0.015
15	0.007	0.003	0.007	0.009	0.002	0.009	0.027	0.014
15	0.01	0.004	0.01	0.008	0.005		0.025	0.011
15	0.008	0.003	0.008	0.01	0.001		0.027	0.008
15	0.007	0.002	0.01	0.009	0.014		0.022	0.076
15	0.008	0.006	0.008	0.008	0.064		0.029	0.022
15	0.01	0.009	0.008	0.008	0.003		0.031	0.022
15	0.016	0.003	0.011	0.006	0.003		0.027	
15	0.009	0.002	0.008	0.006	0.003		0.03	
30	0.011	0.005	0.001	0.009	0.008	0.008		
30	0.003	0.005	0.007	0.009	0.008	0.011		
30	0.024	0.007	0.009	0.008	0.028	0.008		
30	0.007	0.005	0.006	0.006	0.005	0.007		
30	0.017	0.009	0.005	0.009	0.011	0.011		
30	0.007	0.003	0.006	0.007	0.005	0.004		
30	0.009	0.008	0.009	0.005	0.007	0.027		
30	0.012	0.005	0.008	0.009	0.006	0.004		
30	0.009	0.012	0.007	0.008	0.003	0.009		
64	0.011		0.027	0.014	0.015	0.018		
64	0.034		0.007	0.014	0.025	0.021		
64	0.035		0.005	0.022	0.008	0.005		
64	0.055		0.006	0.015	0.006	0.012		
64	0.058		0.005	0.023	0.018	0.009		
64	0.025		0.005		0.017	0.019		
64	0.014				0.01	0.008		
64					0.007	0.009		
64					0.047			

## Anexo 7.- Macroinvertebrados en número de individuos y por microcuencia

CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	RIO MIGUIR		RIO QUINOAS		RIO ISHCAYRU MI		RIO ANGAS	
				NO INT ERV	INT ERV	NO INT ERV	INT ERV	NO INT ERV	INT ERV	NO INT ERV	INT ERV
				N° INDI V.	N° INDI V.	N° INDI V.	N° INDI V.	N° INDI V.	N° INDI V.	N° INDI V.	N° INDI V.
<b>OLIGOC HAETA</b>				5	35	15	61	10	5	4	
<b>HIRUDI NEA</b>	RYNCHOB DELLIDA	GLOSSIP HONIIDAE		3		3			8	1	
	ARHYNCH OBDELLIDA							2			
	GORDIOIDEA	CHORDODIDAE		11		13		3			
<b>TURBEL LARIA</b>	TRICLADIDA							3			
<b>GASTROPODA</b>		LYMNAEIDAE									
		PLANORBIDAE									
<b>MALACOSTRACA</b>	AMPHIPODA	HYALELLIDAE		6	7	7	10	16	15	3	
<b>ENTONATHA</b>	COLLEMBOLA										
<b>ARACHNIIDA</b>	TROMBIDIFORMES										
<b>INSECTA</b>	TRICHOPTERA										
	TRICHOPTERA	CALAMOCERATIDAE	PHYLLOICUS								
		LEPTOCERIDAE	NECTOPYCHE	4		4					
		ANOMALOPSYCHE	CONTULMIA	2							
		HELICOPSYCHIDAE	HELICOPYCHE								
		HYDROPTILIDAE	OCHROTRICHIA								
		HYDROBIOSIDAE	ATOPSYCHE			7	5				
		HIDROPSYCHIDAE	SMICRIDAE			20	20		2		
		ODONTOCERIDAE	MARILIA								
	PLECOPTERA	GRIPOPTERYDAE	CLAUDIOPERA			2		7			
		PERLIDAE	ANACRONEURIA								
	LEPIDOPTERA	ARCTIIDAE	PARACLES			2	2				
		TORTRICIDAE	ARCHIPS								
	EPHEMEROPTERA	BAETIDAE	ANDESIOPSIS			1	1				
			BAETODES	9	4				2		
		LEPTOHPHIDAE	LEPTOHPHES					5	17	3	
			FARRODES								
	COLEOPTERA	ELMIDAE	AUSTROLIMNIUS			3					
			HETEREL					6	4		

SIN DATOS

		MIS					
		NEOELMIS					
		CHYSOM ELIDAE					
		HYDROP HILIDAE		4			
		STAPHYLI NIDAE					
		SCIRTIDA E	CYPHON	11	16	14	
				PRIONOC YPHON		6	
DIPTERA	BLEPHARI CERIDAE	LIMONICO LA			2		
		CERATOP OGONIDA E	STILOBEZ ZIA			1	
		DIXIDAE DIXELLA					
		EMPIDIDA E	CHELIFER A	11	1		
		MUSCIDA E	LISPE	4	1	3	3
		PSYCHOD IDAE					
		CLOGMIA					
		SIMULIID AE	GIGANTO DAX	8			
		STRATIO MYIDAE	NEMOTEL US				
		TIPULIDA E	HEXATOM A				
		LIMONIA					
				DACTYLOL ABIS		1	
		TIPULA					
		CHIRONO MIDAE	LARSIA				
				POLYPEDI LUM		3	
		PARAMET RIOCNE MUS					
		CRICOTOP US					
		METRIOC NEMUS					
		LIMNOPHY ES					
		CARDIOCL ADIUS					

## Anexo 8.- Índice de Shannon en zona baja

<b>CLASE- ORDEN - FAMILIA -GENERO</b>	<b>Shannon raras</b>	<b>Sps. predominantes</b>	<b>Sps. Poca presencia</b>
OLIGOCHAETA	0.32	*	
GLOSSIPHONIIDAE	0.13		
TRICLADIDA	0.07		
HYALELLIDAE	0.31	*	
ATOPSYCHE	0.13		
SMICRIDEA	0.25	*	
PARACLES	0.05		*
ANDESIOPS	0.03		*
BAETODES	0.15		
LEPTOHYPHES	0.14		
AUSTROLIMNIUS	0.07		
HETERELMIS	0.12		
CYPHON	0.20		
PRIONOCYPHON	0.12		
LIMONICOLA	0.05		
STILOBEZZIA	0.03		*
CHELIFERA	0.17		
LISPE	0.03		*
GIGANTODAX	0.14		

## Anexo 9.- Índice de Shannon en zona alta

<b>CLASE- ORDEN - FAMILIA -GENERO</b>	<b>Shannon raras</b>	<b>Sps. predominantes</b>	<b>Sps. Poca presencia</b>
OLIGOCHAETA	0.29	*	
GLOSSIPHONIIDAE	0.11		
ARHYNCHOBDELLIDA	0.04		*
CHORDODIDAE	0.26	*	
TRICLADIDA	0.06		
HYALELLIDAE	0.28	*	
NECTOPSYCHE	0.12		
CONTULMA	0.04		*
ATOPSYCHE	0.11		
SMICRIDEA	0.22	*	
CLAUDIOPERLA	0.13		
PARACLES	0.04		*
ANDESIOPS	0.02		*
BAETODES	0.13		
LEPTOHYPHES	0.12		
AUSTROLIMNIUS	0.06		
HETERELMIS	0.10		
CYPHON	0.17		
PRIONOCYPHON	0.10		
LIMONICOLA	0.04		
STILOBEZZIA	0.02		*
CHELIFERA	0.15		
LISPE	0.02		*
GIGANTODAX	0.12		

## Anexo 10.- Índice de Simpson zona baja

<b>CLASE- ORDEN - FAMILIA -GENERO</b>	<b>Simpson COMUNES</b>	<b>Sps. predominantes</b>	<b>Sps. Poca predominancia</b>
OLIGOCHAETA	0.101	*	
GLOSSIPHONIIDAE	0.017		
TRICLADIDA	0.005		
HYALELLIDAE	0.097	*	
NECTOPSYCHE			
CONTULMA			
ATOPSYCHE	0.017		
SMICRIDEA	0.061	*	
CLAUDIOPERLA			
PARACLES	0.0026		*
ANDESIOPS	0.001		*
BAETODES	0.023		
LEPTOHYPHES	0.020		
AUSTROLIMNIUS	0.005		
HETERELMIS	0.013		
CYPHON	0.041		
PRIONOCYPHON	0.0134		
LIMONICOLA	0.003		*
STILOBEZZIA	0.001		*
CHELIFERA	0.030		
LISPE	0.001		*
GIGANTODAX	0.020		

## Anexo 11.- Índice de Simpson zona alta

<b>CLASE- ORDEN - FAMILIA -GENERO</b>	<b>Simpson COMUNES</b>	<b>Sps. predominantes</b>	<b>Sps. Poca predominancia</b>
OLIGOCHAETA	0.082	*	
GLOSSIPHONIIDAE	0.012		
ARHYNCHOBDELLIDA	0.002		*
CHORDODIDAE	0.065	*	
TRICLADIDA	0.003		
HYALELLIDAE	0.078	*	
NECTOPSYCHE	0.014		
CONTULMA	0.002		
ATOPSYCHE	0.012		
SMICRIDEA	0.047	*	
CLAUDIOPERLA	0.017		
PARACLES	0.0018		*
ANDESIOPS	0.001		*
BAETODES	0.017		
LEPTOHYPHES	0.014		
AUSTROLIMNIUS	0.003		
HETERELMIS	0.009		
CYPHON	0.030		
PRIONOCYPHON	0.0095		
LIMONICOLA	0.002		*
STILOBEZZIA	0.001		*
CHELIFERA	0.022		
LISPE	0.001		*
GIGANTODAX	0.014		

## Anexo 12.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja río Miguir

RIO MIGUIR	CONDICIONES	PUNTAJACIÓN	ZONA NO INTERVENIDA RIO MIGUIR	ZONA INTERVENIDA RIO MIGUIR	
1. Inclusion rápido-sedimentación pozas	Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos, Inclusion 0-30%	10		
		Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos, Inclusion 30 - 60%	5	10	5
		Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos, Inclusion > 60%	0		
	Solo Pozas	Sedimentación 0-30%	10		
		Sedimentación 30-60%	5	5	5
		Sedimentación <60 %	0		
suma de categoría			10	5	
2. Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >7		10		
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7-15		8		
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15-25		6	6	8
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >25		4		
	Solo pozas		2		
	suma de categoría			6	8
3. Composición del sustrato	% Bloques y piedras		1-10% / 2 > 10% / 5	5	5
	% Cantos y gravas		1-10% / 2 > 10% / 5	5	2
	% Arena		1-10% / 2 > 10% / 5	5	2
	% l Limo		1-10% / 2 > 10% / 5	5	2
	suma de categoría			20	11
	4. Regímenes de velocidad / profundidad	4 categorías. Lento-prfundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero		10	
Solo 3 de las 4 categorías		8	3	4	
Solo 2 de las 4 categorías		6			
Solo 1 de las 4 categorías		4			
total una categoría			3	4	
5. Porcentaje de sombra en el cauce	Sombreado con ventanas		10		
	Totalmente sombra		7		
	Grandes claros		5	5	10
	Expuesto		3		
	total una categoría			5	10
6. Elementos heterogeneidad	Horarasca		> 10% 0 < 75% / 4 < 10% o > 75% / 2	2	4
	Presencia de troncos y ramas / Raices expuestas /		2	2	2
	Diques naturales /		2	2	2
	suma de categoría			8	10
	7. Cobertura de vegetación acuática	% Plocon + briófitos		10 - 50% / 10 < 10% o > 50% / 5	10
% Pecton		10 - 50% / 10 < 10% o > 50% / 5	10	5	
% Farserógamas + Charrales		10 - 50% / 10 < 10% o < 50% / 5	10	10	
suma de categoría			30	20	
TOTAL			87	73	

## Anexo 13.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja del río Quínoas

RIO MIGUIR	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	ZONA NO INTERVENIDA RIO QUINOAS	ZONA INTERVENIDA RIO QUINOAS
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos, Inclusion 0-30%	10		
	Rápidos		10	5
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos, Inclusion 30 - 60%	5		
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos, Inclusion > 60%	0		
	Solo Pozas		10	5
	Sedimentación 0-30%	10		
	Sedimentación 30-60%	5		
	Sedimentación <60 %	0		
	suma de categoría		10	5
2. Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >7	10		
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7-15	8		
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15-25	6	10	8
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >25	4		
	Solo pozas	2		
	suma de categoría		10	8
3. Composición del sustrato	% Bloques y piedras	1-10% / 2 > 10% / 5	5	5
	% Cantos y gravas	1-10% / 2 > 10% / 5	5	2
	% Arena	1-10% / 2 > 10% / 5	5	5
	%l Limo	1-10% / 2 > 10% / 5	2	2
	suma de categoría		17	14
	4. Regímenes de velocidad / profundidad	4 categorías. Lento-prfundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero	10	
Solo 3 de las 34 categorías		8	10	8
Solo 2 de las 4 categorías		6		
Solo 1 de las 4 categorías		4		
total una categoría			10	8
5. Porcentaje de sombra en el cauce	Sombreado con ventanas	10		
	Totalmente sombra	7		
	Grandes claros	5	5	7
	Expuesto	3		
total una categoría		5	7	
6. Elementos heterogeneidad	Horarasca	> 10% 0 < 75% / 4 < 10% o > 75% / 2	2	4
	Presencia de troncos y ramas /	2	2	2
	Raíces expuestas /	2	2	2
	Diques naturales /	2	2	2
	suma de categoría		8	10
7. Cobertura de vegetación acuática	% Plocon + briófitos	10 - 50% / 10 < 10% o > 50% / 5	10	5
	% Pecton	10 - 50% / 10 < 10% o > 50% / 5	10	10
	% Farserógamas + Charrales	10 - 50% / 10 < 10% o < 50% / 5	5	5
	suma de categoría		25	20
	TOTAL		95	77

## Anexo 14.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja del río Ishcayrumi

RIO MIGUIR	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	ZONA NO INTERVENIDA RIO ISHCAYRRUMI	ZONA INTERVENIDA RIO ISHCAYRRUMI
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos, Inclusion 0-30%	10		
	Rápidos			
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos, Inclusion 30 - 60%	5	10	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos, Inclusion > 60%	0		
	Solo pozas			
	Sedimentación 0-30%	10		
	Sedimentación 30-60%	5	5	5
	Sedimentación <60 %	0		
	suma de categoría		10	5
2. Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >7	10		
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7-15	8		
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15-25	6	8	8
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >25	4		
	Solo pozas	2		
	suma de categoría		8	8
3. Composición del sustrato	% Bloques y piedras	1-10% / 2 >10% / 5	5	5
	% Cantos y gravas	1-10% / 2 >10% / 5	5	2
	% Arena	1-10% / 2 >10% / 5	5	5
	% Limo	1-10% / 2 >10% / 5	2	2
	suma de categoría		17	14
	4. Regímenes de velocidad / profundidad	4 categorías. Lento-prfundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero	10	
Solo 3 de las 4 categorías		8	8	6
Solo 2 de las 4 categorías		6		
Solo 1 de las 4 categorías		4		
total una categoría			8	6
5. Porcentaje de sombra en el cauce	Sombreado con ventanas	10		
	Totalmente sombra	7		
	Grandes claros	5	5	5
	Expuesto	3		
	total una categoría		5	5
6. Elementos heterogeneidad	Horarasca	>10% 0 < 75% / 4 <10% o >75% / 2	2	4
	Presencia de troncos y ramas /	2	2	2
	Raíces expuestas /	2	2	2
	Diques naturales /		2	2
	suma de categoría		8	10
7. Cobertura de vegetación acuática	% Plocon + briófitos	10 - 50% / 10 <10% o >50% / 5	5	5
	% Pecton	10 - 50% / 10 <10% o >50% / 5	10	5
	% Farserógamas + Charrales	10 - 50% / 10 <10% o <50% / 5	5	5
	suma de categoría		20	15
	TOTAL		81	68

## Anexo 15.- Índice de hábitat fluvial de la zona alta y baja del río Angas

RIO MIGUIR	CONDICIONES	PUNTUACIÓN	ZONA NO INTERVENIDA RIO ANGAS	ZONA INTERVENIDA RIO ANGAS
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos, Inclusion 0-30%	10		
	Rápidos			
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos, Inclusion 30 - 60%	5	5	10
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos, Inclusion > 60%	0		
	Solo pozas			
	Sedimentación 0-30%	10		
	Sedimentación 30-60%	5	5	5
	Sedimentación <60 %	0		
	suma de categoría		10	15
2. Frecuencia de rápidos	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >7	10		
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7-15	8		
	Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15-25	6	6	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura del río >25	4		
	Solo pozas	2		
	suma de categoría		6	6
3. Composición del substrato	% Bloques y piedras	1-10% / 2 >10% / 5	5	5
	% Cantos y gravas	1-10% / 2 >10% / 5	5	2
	% Arena	1-10% / 2 >10% / 5	5	5
	% Limo	1- 10% / 2 >10% / 5	2	2
	suma de categoría		17	14
	4. Regímenes de velocidad / profundidad	4 categorías. Lento-prfundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero	10	
Solo 3 de las 4 categorías		8	6	6
Solo 2 de las 4 categorías		6		
Solo 1 de las 4 categorías		4		
total una categoría			6	6
5. Porcentaje de sombra en el cauce	Sombreado con ventanas	10		
	Totalmente sombra	7		
	Grandes claros	5	5	5
	Expuesto	3		
	total una categoría		5	5
6. Elementos heterogeneidad	Horarasca	>10% 0 <75% / 4 <10% o >75% / 2	2	2
	Presencia de troncos y ramas /	2	2	2
	Raíces expuestas /	2	2	2
	Diques naturales /	2	2	2
	suma de categoría		8	8
7. Cobertura de vegetación acuática	% Plocon + briófitos	10 - 50% / 10 <10% o >50% / 5	10	5
	% Pecton	10 - 50% / 10 <10% o >50% / 5	5	5
	% Farserógamas + Charrales	10 - 50% / 10 <10% o <50% / 5	5	5
	suma de categoría		20	15
	TOTAL		71	69

## Anexo 16.- Porcentaje de degradación en las zonas y microcuencas

Rio	Zona	Malla	Días	Porcentaje		
Miguir	alto	fina	15	87.40800		
			30	72.95624		
			64	19.44610		
		bajo	15	92.34313		
			30	82.45413		
			15	91.42039		
	bajo	gruesa	30	79.62014		
			64	29.64480		
			15	89.05662		
		alto	fino	30	73.78684	
				15	88.7735386	
				30	82.57681718	
Quínoas	bajo	fino	64	60.68314509		
			15	88.49234462		
			30	79.38683443		
		alto	grueso	64	33.40738352	
				15	90.10726079	
				30	81.23760056	
	alto	grueso	64	40.24905412		
			15	78.65143797		
			30	77.09854205		
		bajo	fino	15	87.96723117	
				30	77.90242883	
				64	41.58961446	
Ishcayrrumi	bajo	fino	15	92.08621492		
			30	75.48880256		
			64	47.00527458		
		alto	grueso	15	81.18799198	
				30	71.80571723	
				64	18.67703903	
	alto	grueso	15	79.11813206		
			30	75.90860051		
			64	38.84773632		
		Angas	alto	fino	15	66.69632475
					15	72.55885295
			bajo	grueso	15	87.58969509
15	66.65603239					

## Anexo 17.- Consolidado de Índices bióticos y parámetros físicos - químicos

RIO	ZONA INTERVENIDA - NO INTERVENIDA	ABI		SHANNON	SIMPSON	QBR	IHF	Tasa descomposición		pH	Sólidos disueltos	cuadalm/s/seg	T°	cond	
RIO MIGUIR	NO INTERVENIDA	32	27 - 44 Regular	0.93	0.82	75	87	Malla Gruesa	0.011156	Malo	8.4	264	0.35	14.15	519.5
								Malla Fina	0.016513						
	INTERVENIDA	18	11 - 26 Mala	0.77	0.62	55	73	Malla Gruesa	0.008917	Bueno	8.31	293	0.35	14.35	559.5
								Malla Fina	0.006008						
RIO QUINOAS	NO INTERVENIDA	57	45 - 70 Buena	0.88	0.88	70	95	Malla Gruesa	0.010449	Regular	8.085	183	0.45	14.3	363.5
								Malla Fina	0.007751						
	INTERVENIDA	27	0	0.61	0.62	45	77	Malla Gruesa	0.013853	Bueno	7.88	160.5	0.4	14.85	314.5
								Malla Fina	0.010042						
RIO ISHCAYRRUMI	NO INTERVENIDA	42	0	0.9	0.83	70	81	Malla Gruesa	0.017041	Bueno	7.815	58.5	0.35	15.5	118.5
								Malla Fina	0.012217						
	INTERVENIDA	37	0	0.83	0.81	60	68	Malla Gruesa	0.014625	Bueno	7.56	23.5	0.45	13.9	118.5
								Malla Fina	0.010650						
RIO ANGAS	NO INTERVENIDA	27	0	0.82	0.74	75	71	Malla Gruesa	0.009112	Malo	8.08	115	0.2	11.1	313
								Malla Fina	0.027056						
	INTERVENIDA	23	11 - 26 Mala	0.83	0.722	70	69	Malla Gruesa	0.009112	Regular	7.8	130	0.2	14.3	261
								Malla Fina	0.024299						

Anexo 18.- *Imágenes de los puntos de monitoreo*



Rio Ishcayrumi- Zona Alta



Rio Ishcayrumi – Zona Baja



Rio Quínoas \_Zona Baja



Rio Quínoas \_Zona Alta



Rio Miguir-Zona Alto



Rio Miguir- Zona Baja



Río Angas – Zona Alta

Anexo 19.- *Recolección de hojas de aliso*



**Fuente:** Los Autores



**Fuente:** Los Autores

Anexo 20.- *Secado de hojas y llenado de bolsas de descomposición*



**Fuente:** Los Autores



**Fuente:** Los Autores



**Fuente:** Los Autores

Anexo 21.- Puntos de muestreo



Fuente: Los Autores



Fuente: Los Autores

Anexo 22.- Registro de parámetros



Fuente: Los Autores

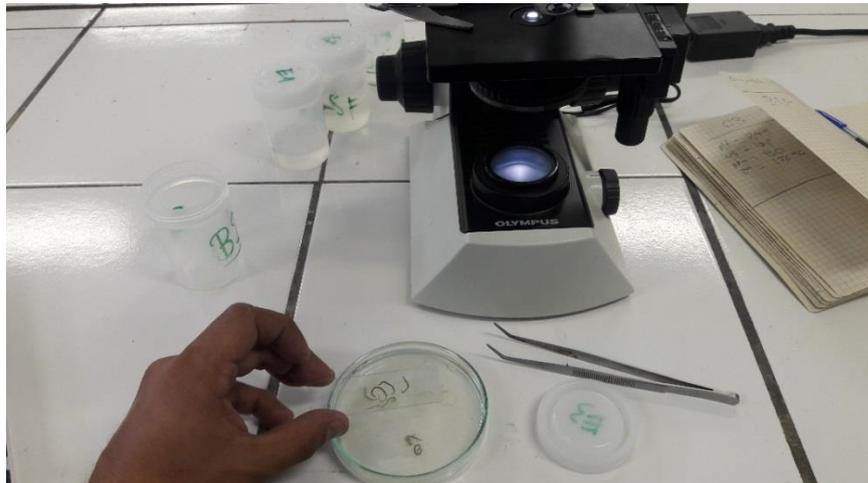


Fuente: Los Autores

Anexo 23.- *Identificación de macroinvertebrados*



**Fuente:** Los Autores



**Fuente:** Los Autores