



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA A
TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN UN
SECTOR DEL RÍO CHOTANO, DISTRITO DE CHOTA - 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTOR

Sánchez Bustamante, Eberth Frank

ASESOR

Ing. Purihuamán Leonardo, Celso Nazario

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

CHICLAYO – PERU

2018

ACTA DE SUSTENTACIÓN

116



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 9:00 pm. Horas del día 14 de noviembre del 2018, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Dirección de Investigación N° 2766-2018-UCV-CH, de fecha 08 de noviembre del 2018, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis titulada:

"Determinación de la contaminación orgánica a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano, Distrito de Chota-2017".

Presentado por la Bachiller: SANCHEZ BUSTAMANTE, EBERTH FRANK, con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Ambiental, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

PRESIDENTE : Dr. John William Cajan Alcántara
SECRETARIO : Mgtr. José Modesto Vásquez Vásquez
VOCAL : Dra. Bertha Magdalena Gallo Gallo

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

APROBADO POR UNANIMIDAD

Siendo las 9:45 pm., del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 14 de noviembre del 2018

Presidente

Secretario (a)

Vocal

ACTA DEDICATORIA

Al Dios de Jacob primeramente por ayudarme, guiarme, fortalecerme y alumbrarme con su lámpara a lo largo del caminar de mi vida.

A mis padres, hermano y hermanas por apoyarme y darme un consejo para mejorar este trabajo.

Eberth Frank Sánchez Bustamante

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme sabiduría y fuerza cada día para realizar esta tesis y seguir adelante.

Agradecer a mis padres, hermano y hermanas por apoyarme para mejorar la tesis, porque con sus consejos he llegado a los objetivos planteados.

A la Universidad César Vallejo, por intermedio de sus docentes al abrirme sus puertas y darme la oportunidad de estudiar en esta gloriosa casa de estudio la carrera de Ingeniería Ambiental, con todo el apoyo necesario con el que me alentaron a hacer de mí un profesional.

Agradecer a Lic. Hernán Tafur Coronel por brindarme las facilidades para poder usar los equipos y el Laboratorio de Análisis de Agua para consumo Humano de la Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental de la DISA Chota

Eberth Frank Sánchez Bustamante

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Sanchez Bustamante Eberth Frank, con DNI N° 405021956, a efecto de cumplir con los criterios de evaluación de la experiencia curricular de Metodología de la Investigación Científica, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 4 de Agosto del 2018

Sanchez Bustamante Eberth Frank

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Determinación de la contaminación orgánica a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano, distrito de Chota - 2017”, la misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

Eberth Frank Sánchez Bustamante

ÍNDICE

ACTA DE SUSTENTACIÓN.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACION.....	vi
INDICE.....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Realidad problemática.....	13
1.1.1. Realidad Problemática Local.....	16
1.2. Trabajos previos.....	16
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	28
1.3.1. Contaminación o polución del ambiente acuático.....	28
1.3.2. Clasificación, categoría o tipos de contaminantes de los recursos hídricos en función de diferentes criterios.....	29
1.3.3. La calidad del agua.....	35
1.3.4. Contaminación de las aguas continentales.....	37
1.3.5. Consecuencias de la contaminación del agua.....	40
1.3.6. Macroinvertebrados bentónicos.....	40
1.3.7. Clasificación de los grupos o categorías tróficas.....	54
1.3.8. Utilidad de los grupos o categorías tróficos.....	54
1.3.9. Normatividad peruana.....	56
1.4. Formulación del problema.....	59
1.5. Justificación del estudio.....	59
1.5.1. En el ámbito social.....	59
1.5.2. En el ámbito económico.....	60
1.5.3. En el ámbito medio ambiental.....	61
1.5.4. En el ámbito teórico-técnico.....	61
1.5.5. En el ámbito científico.....	61
1.6. Hipótesis.....	61
1.7. Objetivos.....	62
1.7.1. Objetivo General.....	62
1.7.2. Objetivos Específicos.....	62
II. MÉTODOLOGÍA.....	63
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	63
2.1.1. Tipo de investigación.....	63

2.1.2. Diseño de investigación.....	63
2.2. Variables, operacionalización.....	64
2.2.1. Operacionalización de variables.....	64
2.3. Población y muestra.....	65
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	66
2.4.1. Técnicas de recolección de datos.....	66
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos.....	70
2.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento.....	71
2.5. Métodos de análisis de datos.....	71
2.5. 1. Procesamiento de datos.....	71
2.5. 2. Estadísticas Paramétricas.....	71
2.6. Aspecto ético.....	74
III. RESULTADOS.....	75
3.1. Materiales y métodos.....	75
3.1.1. Recolección e identificación de macroinvertebrados bentónicos.....	75
3.1.2. Análisis fisicoquímico y bacteriológico de la calidad de agua y caudal.....	76
3.1.3. Análisis de datos.....	77
3.2. Resultado.....	78
3.2.1. Evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos.....	79
3.2.2. Resultados taxonómicos de macroinvertebrados bentónicos.....	84
3.2.3. Categorías o grupos tróficos.....	89
3.2.4. Pruebas de Chi cuadrado.....	92
3.2.5. Relación de índice biótico “BMWP” y riqueza total EPT (%) con algunos parámetros físicos y parasitológicos.....	93
3.2.6. Porcentaje de género y especie de macroinvertebrados bentónicas del río Chotano.....	95
3.2.7. Pruebas de Shapiro Wilk.....	99
3.2.8. Prueba de Levene y t student.....	100
3.2.9. Prueba de correlación de Pearson.....	105
3.3. Contrastación de hipótesis con los resultados.....	119
IV. DISCUSIÓN.....	120
V. CONCLUSIÓN.....	124
VI.RECOMENDACIONES.....	128
VII.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
ANEXOS.....	138
ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS.....	156
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV....	157

RESUMEN

Este trabajo fue realizado con el fin de determinar la contaminación orgánica a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano en áreas de 100 m aguas arriba y abajo de la quebrada Colpamayo, se realizaron las colectas utilizando el muestreador tipo Surber. El objetivo fue evaluar la calidad de agua, índices bióticos BMWP, ETP %, diversidad, riqueza, equidad, dominancia, la densidad y grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos. En cada área se registraron variables fisicoquímicas y bacteriológicas. En total se recolectaron en promedio aguas arriba 710 ind/m² y aguas abajo 16,790 ind/m², distribuidos 23 taxones de órdenes díptera 51 %, efemeróptera 44 % y tricóptera 3% y 6 taxones de órdenes haplotaxida 93 % y díptera 7 %, siendo indicadores de polución orgánica *Chironomus sp* (r) 11% aguas arriba y *Tubifex sp* 93 %, *Psychoda sp* 4 % y *Chironomus sp* (r) 1 % aguas abajo.

Los índices biológicos promedios que fueron más altos aguas arriba que aguas abajo tenemos: El IBMWP de 60 con una calidad de agua dudosa con contaminación evidente y 11 puntos con una calidad de agua muy crítica fuertemente contaminadas, la riqueza total EPT con 46 % considerándose aguas de calidad regular y 0% de mala calidad, la diversidad de Shannon – Wiener con puntajes de 1.33 y 0.30 aguas con poca diversidad, la riqueza de Margalef de 2.30 fueron zonas de mediana diversidad y 0.50 de baja diversidad, la equidad de Pielou de 0.50 determinándose que fueron poblaciones más estables 0.20 son poblaciones no estables e índices biológicos más bajos aguas arriba que aguas abajo tenemos: la dominancia de Berger – Parker y Simpson con 0.25 y 0.37 con poca dominancia y mayor diversidad y de 0.9 y 0.9 con una mayor dominancia, menor diversidad y existencia de polución orgánica. El estudio de grupo trófico dominaron los géneros colectores-detritívoros en las dos áreas de estudio con un (26 %) aguas arriba y un (100 %) aguas abajo, seguido por los fragmentadores (22 %), raspadores (17 %), depredadores (17 %) y filtradores (9 %) aguas arriba. Concluimos que los macroinvertebrados son buenos bioindicadores para determinar la calidad de agua.

PALABRAS CLAVES: Contaminación orgánica, macroinvertebrados bentónicos, calidad del agua, biodiversidad.

ABSTRACT

This work was carried out in order to determine the organic contamination through benthic macroinvertebrates in a sector of the Chotano River in areas 100 m upstream and downstream of the Colpamayo stream, the collections were made using the Surber type sampler. The objective was to evaluate water quality, biotic indexes BMWP, ETP%, diversity, richness, equity, dominance, density and trophic groups of benthic macroinvertebrates. In each area, physicochemical and bacteriological variables were recorded. In total, 710 ind / m² and downstream 16,790 ind / m² were collected on average upstream, 710 ind / m², distributed 23 taxa of diptera orders 51%, ephemeroptera 44% and tricoptera 3% and 6 taxa of orders haplotaxida 93% and diptera 7 %, being indicators of organic pollution *Chironomus sp (r)* 11% upstream and *Tubifex sp* 93%, *Psychoda sp* 4% and *Chironomus sp (r)* 1% downstream.

The average biological indexes that were higher upstream than downstream we have: The IBMWP of 60 with a doubtful water quality with evident contamination and 11 points with a highly critical water quality heavily polluted, the total EPT wealth with 46% considering waters of regular quality and 0% of poor quality, the diversity of Shannon - Wiener with scores of 1.33 and 0.30 waters with little diversity, Margalef's richness of 2.30 were areas of medium diversity and 0.50 of low diversity, Pielou's equity of 0.50 determining that they were more stable populations 0.20 are non-stable populations and lower biological indexes upstream than downstream we have: the dominance of Berger - Parker and Simpson with 0.25 and 0.37 with little dominance and greater diversity and of 0.9 and 0.9 with a greater dominance , less diversity and existence of organic pollution. The trophic group study dominated the collecting-detritivores genera in the two study areas with one (26%) upstream and one (100%) downstream, followed by the fragmenters (22%), scrapers (17%), predators (17%) and filter feeders (9%) upstream. We conclude that macroinvertebrates are good bioindicators to determine water quality.

KEYWORDS: Organic pollution, benthic macroinvertebrates, water quality, biodiversity.

I. INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados bentónicos son animales acuáticos de hábito bentónico de tamaño de 2 a 5 mm, al menos parte del ciclo de su vida habitan en el fondo de ambientes lenticos y loticos adheridos a piedras, gravas, hojas o enterrados en sedimentos, lodo o arena; constituyen uno de los grupos biológicos más diversificados y abundantes de los ambientes acuáticos y desempeñan un papel fundamental en la degradación del material alóctono en arroyos (MUGNAI et al., 2010; ZARDO et al., 2013; BARBOSA et. al., 2016; SANTOS y RODRIGUES, 2015 y BERNARDO et al., 2017).

El estudio biológico y ecológico de las aguas continentales o biomonitoreo basado en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos especialmente los que presentan sensibilidad o tolerancia a determinadas condiciones ambientales; es uno de los métodos más eficaces para evaluar los cambios ambientales como: Las características fisicoquímicas de la calidad de las aguas continentales, el tipo de flora y fauna a ellas asociadas; así permitir conocer el estado de eutroficación de un cuerpo de agua, su potabilidad para el consumo humano y animal; su grado de aceptabilidad para irrigación, usos industriales, piscicultura y actividades humanas relacionadas con el campo hídrico (ROLDAN, 1988; LADSON et al., 1999; QUEIROZ, TRVINHO-STRIXINO y NASCIMENTO, 2000 y BARBOSA et al., 2016).

Los ecosistemas acuáticos continentales en las últimas décadas han sufrido más impactos por la actividad humana. Los desechos industriales y domésticos de una población cada vez más creciente, tienen como destino final los ríos, y en último término el mar; afectando a los organismos bentónicos por el cambio en la composición natural de los sistemas acuáticos de muchos ríos del mundo, han desaparecido, o se han visto sustancialmente reducida o aumentado su población (ROLDAN, 1988; MARQUES y BARBOSA, 2001; HEPP y RESTELLO, 2007 y BERNARDO et al., 2017).

La distribución de estos macroinvertebrados es influenciada por diversos factores ambientales y es influenciado por la alimentación. Esta información se utiliza para entender factores que influyen la estructura de la comunidad de ríos.

Dichos impactos han llevado a la degradación de la calidad del agua en diversos cuerpos hídricos, dificultando la utilización de tal recurso para satisfacción incluso de las necesidades básicas humanas (MERRITT Y CUMMINS, 1996; CALLISTO et al., 2001; KÖNIG et al., 2008; GIULIATTI y CARVALHO, 2009; HEPP y SANTOS, 2009; HEPP et al., 2010; MUGNAI et al., 2010; BARBOSA et al., 2011; BARBOSA et al., 2016; CARDOSO y NOVAES, 2013 y BERNARDO et al., 2017).

El empleo de grupos tróficos funcionales y el conocimiento de cómo los organismos colonizan los hábitats componen una herramienta útil para la conservación de los recursos hídricos, ya que se utilizará como base para políticas y propuestas de conservación y mantenimiento de los recursos naturales en una determinada área. A lo largo de la extensión de un río es posible verificar diferencias en la estructura de las comunidades bentónicas resultantes de los cambios de los factores físicos y de la disponibilidad de nutrientes (VANNOTE et al., 1980; BATISTA et al., 2010; HEPP et al., 2010 y BERNARDO et al., 2017).

Los macroinvertebrados acuáticos son importantes en el flujo de energía de un cuerpo hídrico, porque constituyen la mayor fuente de alimento para otros organismos, como peces y otros insectos; formando parte del ciclo de nutrientes, y hacen posible el transporte de materia orgánica por el río, pudiendo ésta ser utilizada por organismos filtradores, colectores y también por los predadores (VANNOTE et al., 1980; ROSENBERG y RESH, 1993 y BERNARDO et al., 2017).

El río Chotano no está ajeno a esta realidad y está siendo impactado con aguas residuales del camal municipal, estas aguas son arrojadas sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada Colpamayo que es tributario de dicho río. La presencia de alcantarillas que arrojan sus aguas residuales domésticas en dicha quebrada y al río Chotano ha generado un impacto negativo en la biodiversidad a las poblaciones de macroinvertebrados béntónicos presentes en el río Chotano y un incremento en número en las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos colectores detritívoros.

1.1. Realidad problemática

ROLDAN (2016) da a saber: “El uso de los organismos acuáticos como bioindicadores de la calidad de los ecosistemas acuáticos comienza en Europa a mediados del siglo XIX” (p. 255).

RONALD (2016), cita a: KOLENATI (1848) & COHN (1853) quienes hallaron relaciones entre ciertas especies y el grado de calidad del agua. En el siglo XX, KOLKOWITZ & MARSSON (1908, 1909) propusieron el sistema saprobio para Alemania, actualmente adoptado en otros países europeos. PATRICK (1949, 1950) desarrolló métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes en Norteamérica y GAUFIN & TARZWELL (1952) proponen los macroinvertebrados como indicadores de contaminación. El sistema limnosaprobio fue introducido en Checoslovaquia por SLÁDEK (1962) (p. 255).

ROLDAN (2016) da a conocer que: HYNES (1959,1963) propuso a los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua, ILLIES & BOTOSANEU (1963) discuten la zonación de las aguas corrientes y proponen los términos de ritrón y potamón para referirse a las zonas altas y bajas de los ríos; este trabajo se considera un clásico de la limnología europea (p. 255).

ROLDAN (2016) da a saber que: SHANNON & WEAVER (1949), BRILLOUIN (1951), MARGALEF (1951), BECK (1955), WILHM & DORRIS (1966, 1968) y WILHM (1967, 1968) el concepto de diversidad de especies basado en índices matemáticos derivados de la teoría de la información, comienza a aplicarse en los años cincuenta y sesenta, y parte de la base que mientras mayor información se tenga acerca de un hecho o suceso, más preciso será el entendimiento que se tenga de él. WASHINGTON (1984) hace una revisión de los índices de diversidad, bióticos y de similitud con especial referencia a los ecosistemas acuáticos. Presenta 18 índices de diversidad, 19 índices bióticos y cinco índices de similitud y analizó su aplicación a los sistemas biológicos (p. 255).

ROLDAN (2016) da a conocer que: RESH et al. (1995) desarrollaron en Maryland (Estados Unidos) métodos rápidos de evaluación de la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores, este método como el del Reino Unido valora las condiciones del hábitat y predicen la fauna esperada en un

determinado sitio. TRIHADININGRUM et al. (1996) utilizaron los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua en Indonesia. ALBATERCEDOR (1996, 1988) usaron a los macroinvertebrados acuáticos en los programas de evaluación de la calidad del agua en España, utilizando el índice BMWP' (Biological Monitoring Water Party) adaptado para la Península Ibérica (p. 255).

ROLDAN (2016) da a saber que: TOWSAND & SCARSBROOK (1997) “calificaron la perturbación en las corrientes en relación con las características de los macroinvertebrados y su diversidad” en (p. 255).

ROLDAN (2016) refiere que: LORENZ, et al. (1997) desarrollaron un sistema de bioindicadores en el río Rin (Alemania) en base a conceptos teóricos que describen los ríos naturales considerándose la zonación, la hidráulica, el espiral de nutrientes, la jerarquía de tributarios y el concepto de río continuo, entre otros. MUNNÉ et al. (1998) proponen un índice de calidad en España que valora el estado de calidad de conservación del bosque de ribera (QBR). DE PAUW & HAWKES (1993) analizan el desarrollo de indicadores en la Unión Europea a partir de la década de los años setenta y en especial de los noventa (p. 255).

ROLDAN (2016) refiere que: La tabla 1 nos muestra los principales métodos usados para la evaluación de la calidad del agua en la Unión Europea basada en los macroinvertebrados acuáticos, los cuales son métodos simples, cualitativos y la identificación de los organismos sólo llega hasta el nivel de familia en la mayoría de los casos. Es importante hacer énfasis que el método consiste en una evaluación rápida del ecosistema y que en ningún momento pretende definir los requerimientos ambientales a nivel de especie (p. 255).

ROLDAN (2016) refiere que: BIRK & HERRING (2006) realizaron una comparación directa de los métodos de valoración usando los macroinvertebrados como bioindicadores y CARSTEN et al. (2007) discutieron los índices de calidad del agua en Europa como indicador del buen estado ecológico. También existe el Índice de Integridad Biótica (IIB o IBI) o Índice de Integridad Biológica herramienta multimétrica para identificar y clasificar los problemas de contaminación del agua (p. 255).

Tabla 1

Principales métodos de bioindicación para la evaluación de las aguas corrientes aplicados en los países de la Unión Europea con base en los macroinvertebrados.

País	Método de indicación	Muestreo	Análisis	Identificación	Estándar	Rango
				n		
Bélgica	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	N	0-10
Dinamarca	D F I	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	1-4
Francia	I B G N	Cuant/Cual	Cualitativo	F	N	0-20
Alemania	B E O L / S	Cualitativo	Cuantitativo	S	N	0-100/1-4
Irlanda	Q – rating	Cualitativo	Cualitativo	F G S	N	0-5
Italia	E B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	R	0-14
Luxemburgo	I B	Cualitativo	Cualitativo	O F	N	0-10
Holanda	K 135	Cualitativo	Cualitativo	F G S	R	100-500
Portugal	B B I	Cualitativo	Cualitativo	O F G	-	0-10
España	BMWP'	Cualitativo	Cualitativo	F	-	0->150
Reino Unido	BMWP/ASP T	Cualitativo	Cualitativo	F	N	0->150/0-10

Nota: O = Orden, F = Familia; G = Género; S = Especie 2. N=Nacional, R= Regional

Fuente: (DE PAUW Y HAWKES, 1993) ROLDAN, 2016, p. 256.

Con respecto al Perú, se tiene.

VÁSQUEZ y MEDINA (2014), utilizando el BMWP' modificado, determinaron que las aguas del río Rímac están muy contaminadas y en La Libertad se evaluaron las microcuencas: Perejil, Caballo Moro y Chuyugual determinándose que la calidad del agua no es igual para las diferentes estaciones evaluadas. (p. 2).

CUSTODIO y CHANAMÉ (2016) cita a Acosta (2009) el cual menciona que: “[Los estudios realizados] en la composición y estructura de las comunidades de macro-invertebrados bentónicos en los ríos de los Andes del Centro del Perú es escaso en comparación a otros ecosistemas fluviales de otras regiones andinas” (p. 2).

1.1.1. Realidad problemática Local.

En el sector del río Chotano aguas arriba, está siendo impactado por el arrojamiento de los residuos sólidos por parte de los pobladores de las riberas del río, además está sirviendo como abrevadero para el ganado, quienes excretan su estiércol contaminando dichas aguas con coliformes fecales; aguas abajo está siendo muy impactado con aguas residuales del faenado del ganado en el camal municipal, alcantarillas y los residuos sólidos, los cuales son arrojados sin ningún tipo de tratamiento a la quebrada Colpamayo que es tributario del río Chotano, generando alteraciones en el ecosistema acuático con pérdida de la biodiversidad de la biota acuática como las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos generando un incremento en número en las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos colectores detritívoros que son resistentes a la contaminación orgánica con la pérdida de la calidad del recurso hídrico para su uso, el cual está siendo utilizado para el riego de pastos trayendo consigo que el ganado se parasite y la leche se contamine y puede causar enfermedades a los consumidores.

1.2. Trabajos previos

Nacional:

CUSTODIO Y CHANAMÉ (2016) en la revista Scientia Agropecuaria de la Universidad Nacional de Trujillo- realizaron una investigación denominada “Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú”, menciona que:

La investigación tuvo como objetivo investigar el estado de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, se definieron tres estaciones de muestreo en dos épocas comprobables, los resultados del impacto antrópico sobre los macroinvertebrados bentónicos fueron: media de DBO5 de aguas residuales de la actividad piscícola 7,70 mg/L, de la actividad pecuaria 869 mg/L y de la actividad urbana 428,3 mg/L.

Hubo diferencias significativas en los resultados fisicoquímicos y bacteriológicos como son: la conductividad, temperatura y sólidos totales disueltos. Se identificaron cuatro phyla, siete clases, 12 órdenes y 26 familias de macroinvertebrados bentónicos.

Se concluye que las descargas de aguas residuales provenientes de actividades pecuarias y urbanas, con cargas excesivas de contaminantes orgánicas superan los Límites Máximos Permisibles (LMP), ejerciendo una presión significativa sobre la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas.

Existen diferencias significativas de la riqueza, abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos según estaciones y épocas de muestreo, determinándose los mayores porcentajes de dicha comunidades en los órdenes Díptera con un 46.05 % y Ephemeroptera con un 37.67 %, contribuyendo en un 83.92 % del total de las taxas.

VÁSQUEZ y MEDINA (2014) en el artículo de la revista REBIOL de la Universidad Nacional de Trujillo de la Facultad de Ciencias Biológicas, sobre la “Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014”, menciona que:

El objetivo es determinar la calidad de agua mediante los macroinvertebrados bentónicos, además los parámetro físico como el pH y parámetros químicos como son los nitratos, nitritos, fosfatos, Cr y Al en la microcuenca del río Tablachaca en el Distrito de Pampas, provincia de Pallasca Ancash en Perú; evaluándose la calidad del agua en ocho estaciones de muestreo en la microcuenca del río Tablachaca, entre agosto y diciembre del 2014. Hallándose que los parámetros fisicoquímicos están dentro de lo establecido en el DS 002- 2008-MINAM, a excepción de los fosfatos cuyas concentraciones sobrepasan los límites permisibles para el agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales; asimismo, que, según el índice biótico nPeBMWP, los ríos Paragón y Puente Hondo presentan y una calidad biológica de agua aceptable, y el río Pampas una calidad biológica pésima.

Se concluye que la microcuenca del río Tablachaca se halló diferentes calidades de agua según los macroinvertebrados bentónicos encontrados, el río Paragón y Puente Hondo presentaron una calidad biológica aceptable. Los ríos: Conzuso, Puente Piedra, Conchucos y Tablachaca con una calidad biológica

regular y el río Pelagatos con una calidad biológica mala y el río Pampas con una calidad biológica pésima. Sin embargo según los parámetros fisicoquímicos evaluados, a excepción de los fosfatos, los valores de estos parámetros se encuentran dentro de los límites establecidos en los ECAS nacional del Agua, según el DS 002-2008-MINAM y que los macroinvertebrados de la microcuenca Tablachaca, en el distrito de Pampas, en el 2014 están constituidos por 10 Órdenes; distribuidos en 31 familias. La clase insecta es el grupo más representativo, con 24 familias.

Internacional

BERNARDO, et al. (2017) en el artículo de la revista *Ambiente & Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science* sobre la “Utilización de la estructura de comunidades de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua en los ríos del sur de Brasil”, menciona que:

El objetivo de este estudio fue utilizar la estructura de comunidades de macroinvertebrados como indicador de calidad ambiental en dos ríos de abastecimiento público en el municipio de Erechim, Estado del Río Grande del Sur. Las recolecciones fueron realizadas mensualmente de noviembre de 2014 hasta abril de 2015, utilizándose muestreador tipo Surber. Para la evaluación de las condiciones ambientales fue aplicado un protocolo de evaluación rápida (PAR).

Fueron identificados 4.096 macroinvertebrados, distribuidos en 41 taxones de Annelida, Nematoda, Crustacea, Aracnida e Insecta. Los dos ríos presentaron tramos con alteración antrópica en los márgenes y los ambientes más alterados fueron asociados con la mayor abundancia del grupo trófico colector-catador. Integrar el método de evaluación de la diversidad de hábitats con análisis de la comunidad bentónica puede ser un método eficiente para obtención de parámetros más completos de la calidad del agua y de la degradación de los sistemas acuáticos.

Las órdenes más abundantes fueron Trichoptera (Río Leãozinho n = 760; Río Ligeirinho n = 800), Diptera (Río Leãozinho n = 738; Río Ligeirinho n = 287) y Ephemeroptera (Río Leãozinho n = 451; Río Ligeirinho n = 384). Las familias más abundantes fueron Chironomidae (21%) de la orden Diptera y Hydropsichidae

(15%) de la orden Trichoptera. Cuenca del Río Leãozinho presentó mayor abundancia con 2244 organismos recolectados, distribuidos en 37 taxones.

RODRIGUEZ, RÍOS, ESPINOSA, CEDEÑO y JIMÉNEZ (2016) en el artículo de la revista HIDROBIOLOGÍA referente a “Características de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana” Universidad Estatal Amazónica, menciona que:

El objetivo fue evaluar la calidad ambiental identificándose macroinvertebrados como biótica acuática indicadora y su relación con parámetros físico-químicos.

Se identificaron 14 órdenes, 40 familias y 2 808 individuos en los cuatro sitios; la mayor cantidad de individuos pertenece a las familias Leptohyphidae (23.3%) e Hydropsychidae (18.7%) y de los órdenes Ephemeroptera (31.9%) y Trichoptera (21.5%). En los sitios 1, 2 y 4 se observó la predominancia de individuos de familias pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera (35.0, 22.2 y 48.9% del total de individuos, respectivamente) y Trichoptera (27.4, 36.3 y 34.6% del total de individuos, respectivamente), mientras que en el sitio 3 existió un mayor número de familias pertenecientes al orden Diptera (32.0%), seguido de Ephemeroptera (24.4%) y anélidos de la clase Oligochaeta (18.1%).

Las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron valores promedio comprendidos entre el sitio 3 (La Isla) 7.4 y el sitio 1 (Fátima) 7.9 mg/l.

Fue el IBMWP-CR en sitio 3 (La Isla) tuvo un valor promedios de 42 puntos agua de calidad dudosa, siendo los órdenes más representativos: Díptera familia Chironomidae, Ephemeroptera y Haplotaxida o clase Oligochaeta familia tubificidea y en el sitio 1 (Fátima) con un promedio de 117 puntos agua de calidad buena siendo los órdenes más representativos: Ephemeroptera y Tricoptera Indicador de buena calidad de agua.

Los valores obtenidos para los índices BMWP-CR y IBF-SV señalaron una disminución en la calidad del agua entre los puntos 1 (Fátima) y 3 (La Isla), y una posterior recuperación en el índice IBF-SV al llegar al sitio 4 (Unión Base). Se estableció una correlación significativa (0.05) entre el oxígeno disuelto y el índice BMWP-CR ($r = 0.915$) y muy significativa (0.01) con IBF-SV (-0.947),

Se concluye que la aplicación de los índices permitió demostrar que la calidad de agua en el río desciende significativamente ante la influencia de la zona urbana y que, de acuerdo a uno de los índices (IBF-SV), puede experimentar cierta recuperación al alejarse de aquella zona, lo cual se evidencia en la correlación antes descrita.

BARBOSA, SILVA, ARAUJO, LIMA y DANTAS (2016) en el artículo de la revista HOLOS referente a “Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en un trecho del Río Apodi-Mossoró”, Universidad del Estado de Río Grande del Norte, menciona que:

El objetivo fue evaluar la presencia de macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad de agua en un trecho del Río Apodi-Mossoró en la municipalidad de la Gobernación Dix-Sept Rosado, Río Grande do Norte.

Se recogieron en los tres puntos organismos pertenecientes a los filos Insecta y Mollusca, en el cual el filo Mollusca fue el que presentó mayor abundancia, siendo este filo lo más representativo en todos los puntos recogidos, presentando un total de 17.725 individuos por m² recogidos con la draga y 831 individuos con el pegador manual individuos resistentes y tolerantes a la contaminación siendo el género *Melanoide* dominante en todas las colectas reservorio de la enfermedad de Schistosomiasis. Otros gasterópodos del género *Biomphalaria* y *Pomacea* se encontraron en cantidades menores. Sin embargo, había la presencia en gran cantidad de huevos de caracoles del género *Pomacea*, principalmente, en el P1, mientras que el filo Insecta fue recogido sólo 5 individuos con el pegador manual.

En cuanto a la cadena trófica fueron recolectados depredadores, herbívoros raspadores, detritívoros recolectores, raspadores y filtradores, siendo que los detritívoros recolectores fueron más abundantes.

El filo Insecta, de la familia Libellulidae y la clase Odonata presentó el mayor número de insectos recogidos con el pegador manual (cuatro individuos). Estos insectos viven generalmente en márgenes de ríos y lagos que poseen vegetación abundante y aguas limpias o poco contaminadas.

Se concluye la presencia de la clase Gasterópoda en todos los puntos muestreados, principalmente en el P1 (aguas debajo de la zona urbana del

municipio) debido a la presencia de materia orgánica y la resistencia a estos organismos a la contaminación.

TAMARIS, RODRÍGUEZ y OSPINA (2016) en el artículo de la revista LIMNOLOGÍA. Caldasia referente a “Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia”, Universidad del Estado de Río Grande del Norte, menciona que:

Se realizaron cuatro muestreos mensuales en tres tramos del río Gaira durante los meses de marzo a junio del 2008: parte alta (1700 msnm), media (900 msnm) y baja (50 msnm), donde se evaluó la densidad de deriva y biomasa de macroinvertebrados durante el ciclo diario. Los taxones que presentaron mayores valores de densidad de deriva fueron los Diptera (15.15 Ind. m³), los Ephemeroptera (8.46 Ind. m³) y los Trichoptera (2.70 Ind. m³). En términos generales, se observó que con el incremento de las lluvias, descendió la densidad y la biomasa derivante de macroinvertebrados. En la escala del ciclo diario, de la densidad de deriva y la biomasa de macroinvertebrados no presentaron diferencias significativas; sin embargo, se observó una tendencia al incremento de la densidad y la biomasa durante las horas del día.

MEZA, RUBIO, DÍAS y WALTEROS (2012) en el artículo de la revista Caldasia sobre la “Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná”, menciona que:

El objetivo es evaluar la composición de macroinvertebrados y la calidad de agua en zonas de río provistas de vegetación ribereña nativa, exótica y zonas sin vegetación fueron muestreadas las quebradas: El Diamante, La Oliva y el río Chinchiná, ubicadas en la cuenca alta del río Chinchiná. La primera estación presenta como vegetación ribereña un bosque nativo, la segunda está influenciada por plantaciones de *Eucalyptus* sp. y la tercera no presenta vegetación ribereña. Se realizaron tres muestreos de macroinvertebrados, en tres periodos (seco, intermedio y lluvioso) entre febrero y mayo de 2010. En la recolección de los macroinvertebrados se utilizó la Red Surber, y se hicieron tres repeticiones por sustrato (hojarasca, roca y sedimento fino). En cada punto de muestreo también se registraron variables físico-químicas. En total se colectaron 7486

macroinvertebrados distribuidos en 13 órdenes, 37 familias y 74 géneros. Los resultados de este estudio indican que existen diferencias significativas en cuanto a riqueza de macroinvertebrados entre las estaciones con vegetación ribereña y sin vegetación. Con respecto a la composición, la estación 1 es la que presenta mayor número de géneros exclusivos. Se obtuvo que 26 géneros de macroinvertebrados son compartidos por las tres estaciones, 18 géneros son exclusivos para la estación 1, 8 géneros exclusivos para la 2 y en la tercera estación solamente cuatro géneros son propios. Las variables fisicoquímicas evaluadas y los resultados obtenidos con los índices bióticos BMWP y EPT indican que existen diferencias entre la calidad de agua de las estaciones 1 y 2 con respecto a la estación 3.

En cuanto a composición, se obtuvo que 26 géneros de macroinvertebrados son compartidos por las tres estaciones, entre ellos *Cricotopus*, *Andesiops*, *Baetodes*, *Heterelmis* y *Anacroneuria*. Se presentaron 18 géneros exclusivos para la estación uno, incluyendo a *Oecetis*, *Protochauliodes*, y *Macrelmis*.

La estación dos presenta ocho géneros exclusivos, como *Haplohyphes*, *Leptonema* y *Ochrotrichia*. En la tercera estación, cuatro géneros son propios, entre ellos *Metrichia* y *Belostoma*. Las estaciones uno y dos comparten la presencia de catorce géneros como lo son *Macronema*, *Phylloicus* y *Leptohyphes* entre otros. Las estaciones uno y tres comparten tres géneros *Parochlus*, *Rhaphiumy* y *Pedrowygomyia*. Las estaciones dos y tres no comparten ningún género.

Los resultados de este estudio indican que la vegetación ribereña es un factor determinante para el establecimiento de la comunidad de macroinvertebrados.

MACHI (2017) en la tesis sobre “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores ecológicos de cambios en el uso del suelo en mallines del sudoeste de la provincia de Río Negro”, Universidad Nacional de la Plata Centro de Investigaciones Tropicales, menciona que:

El objetivo es determinar estimadores de la comunidad de macroinvertebrados más apropiados, para evaluar la degradación ambiental en los mallines patagónicos.

La comunidad de macroinvertebrados presentó una alta riqueza taxonómica con 145 taxas identificados, distribuidos en 5 phyla y 65 familias. Las taxas más ricas y frecuentes fueron: Chironomidae y Dytiscidae. Al comparar las comunidades de macroinvertebrados de la columna de agua y los bentónicos destacaron en número las comunidades de la columna de agua con 145 en relación a las bentónicas con unas 29 taxas. En términos de densidad y biomasa bentónica, se destacó *Oligochaeta* principalmente por la presencia de *Lumbriculus variegatus* y *Limnodrilus hoffmeisteri*.

Se concluye que la vulnerabilidad de los mallines frente a la actividad antrópica por los diferentes usos del suelo y el rol de las comunidades de macroinvertebrados como potenciales bioindicadores; los dípteros, quironómidos, y crustáceos serían apropiados como indicadores de disturbio y utilizados en el diseño de planes de vigilancia y monitoreo ambiental, para una mejor gestión y conservación de los mallines patagónicos.

Los taxa de macroinvertebrados dominantes en los mallines fueron Diptera y Crustácea; al igual que en otros humedales someros del mundo, destacó particularmente la diversidad de la familia Chironomidae con la presencia de 33 taxa, lo que constituyó el 23 % del total de los descriptos.

Al comparar los macroinvertebrados de la columna de agua y bentónicos mostró que estos últimos son notablemente más pobres, con baja riqueza y abundancia, llegando a determinar el uso de macroinvertebrados de la columna de agua como bioindicadores para la vigilancia ambiental de los humedales.

ARMAS (2015) en la tesis sobre “Efectos de la cobertura vegetal y las variables físico-químicas sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta de la antigua, Veracruz, México”, Universidad Veracruzana Centro de Investigaciones Tropicales, menciona que:

El objetivo es estudiar la respuesta de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos con relación a la cobertura vegetal y factores físico-químicos del agua en arroyos de la cuenca Alta de La Antigua Veracruz, México. En este estudio no se hallaron diferencias significativas en la abundancia total de macroinvertebrados acuáticos comparada con la época seca y lluviosa. Las variables más importantes

en el ordenamiento de las comunidades de macroinvertebrados fueron la concentración de hierro, cloruro, dureza, alcalinidad y la cobertura vegetal. Sin embargo, se determinó que el Índice de verdor (NDVI) influye significativamente en la diferenciación de los grupos funcionales y de las familias sensibles. Este tipo de estudios es vital para evaluar el impacto de la cobertura vegetal sobre las cuencas hidrográficas, para una mejor comprensión de los procesos que ocurren en los ecosistemas acuáticos y la influencia que las actividades humanas ejercen sobre éstos.

Hubo un total de 4210 macroinvertebrados, pertenecientes a seis clases, 15 órdenes, 59 familias, 101 géneros y 109 morfoespecies. La familia Simuliidae fue la más abundante.

La investigación tuvo las siguientes conclusiones que, las familias bioindicadores y grupos funcionales en los sitios de estudio se agruparon principalmente con base a la cobertura vegetal, hierro, dureza, cloruros y alcalinidad.

Las familias sensibles y los grupos funcionales de depredadores, colectores y recogedores se ven influenciados principalmente por el NDVI y la alcalinidad.

El 41% de los sitios de muestreo son considerados como no contaminados y el 39% son ligeramente contaminadas, demostrando que la mayoría de los ríos evaluados poseen aguas bien oxigenadas y con ligeros indicios de contaminación, acordes a los valores del índice BMWP.

ORTIZ (2015) en la tesis referente a “Dinámica estacional de macro - invertebrados acuáticos en la cuenca alta del río Pita, como línea base para estudios de impacto ambiental”, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sangolquí - Ecuador, menciona que:

El objetivo es generar información que permita evaluar el comportamiento multifactorial entre la calidad de agua y poblaciones de macro invertebrados, de forma estacional, en cinco estaciones de muestreo en la cuenca alta del río Pita entre las cotas 2600 a los 2900 m.

Los factores ambientales como caudal, temperatura y pH tienen un efecto directo en la abundancia de macro-invertebrados acuáticos (MIA) en todo el período, siendo los taxos más representativos Díptera y Ephemeroptera, con las familias Chironomidae y Baetidae. La zona con mejores características ambientales fue Rumibosque, tanto por la abundancia de estas familias, así como la estabilidad de los componentes ambientales. En todas las zonas de muestreo, se detectaron coliformes totales con valores superiores a 200 UFC, y los índices BMWP y EPT detectaron una contaminación tipo III, tanto temporal como espacialmente.

Se concluye que: a) Se recolectaron 8264 macro - invertebrados acuáticos, detectándose 34 familias y 13órdenes, lo que constituye un sistema altamente diverso con un índice de Shannon de 4,35; b) los factores ambientales como caudal, temperatura y pH tienen un efecto directo en la abundancia de MIA en todo el período, con mayores poblaciones en junio, septiembre y octubre, y disminuye en julio, agosto, noviembre y enero. La diversidad y riqueza de la zona siendo endémica no se ve afectada c) los grupos de MIA más representativos son el orden Díptera y Ephemeroptera, representado por las familias Chironomidae y Baetidae, por ser importantes en la ecología acuática, tanto en la valoración de la cadena trófica, como indicador de calidad de agua. La zona con mejores características ambientales fue Rumibosque, tanto por la abundancia de estas familias, así como la estabilidad de los componentes ambientales (caudal, temperatura, pH); d) se detectaron coliformes totales en todas las zonas de muestreo debido a la descarga de materia orgánica en la cuenca. Los valores detectados temporal y espacialmente son superiores a 200 UFC, y no cumplen con la norma ambiental de calidad de agua.

GIL (2014) en la tesis referente a “Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa”, Universidad de Manizales. Facultad de Ciencias Contables Económicas y Administrativas, en su resumen menciona que:

El objetivo es determinar la calidad del agua a través del análisis físico químico, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores en la cuenca del río Garagoa. Hallándose que la distribución y composición de la comunidad

bentónica es determinada por el gradiente de estrés de la cuenca. La investigación tiene como conclusiones que durante los muestreos realizados en los meses mayo y noviembre del año 2013 la comunidad de macroinvertebrados bentónicos estuvo mejor representada durante el primer muestreo debido al bajo caudal con un mayor número de micro hábitats por la baja velocidad de la corriente que favoreció el establecimiento de una comunidad más representativa y mejor estructurada.

El índice BMWP que determina la calidad biológica del agua de los sistemas loticos de la cuenca del río Garagoa tiende a ser mayor en la época de baja precipitación.

En el primer muestreo por los bajos niveles de agua a lo largo de la cuenca del río Garagoa, se observó gran representatividad de los órdenes como Díptera y Basommatophora, por la presencia de sedimentos y la materia orgánica generando su establecimiento, permanencia y representatividad dentro del sistema y la comunidad.

Los valores de los índices ecológicos de la diversidad de Shannon tuvo valores más altos en las estaciones Quebrada la Quigua, inicio río Garagoa y Las Delicias; mientras que la riqueza presentó sus valores máximos en la estación al inicio río Garagoa, donde posiblemente las condiciones de heterogeneidad ambiental está favoreciendo esta situación.

El cálculo del índice de calidad BMWP/Col realizado a la muestra durante el mes de mayo de 2013 se hallaron 3 tipos de calidad de agua:

La estación E1 (puente Adriana), con aguas de calidad muy limpias encontrando la comunidad de macroinvertebrados las condiciones propicias para su establecimiento y representatividad dentro de los sistemas.

En los puntos de monitoreo E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 y E10 (desde quebrada la Única hasta quebrada la Quigua) presentan aguas ligeramente contaminadas con calidad aceptable con altos valores de descarga y abundante materia orgánica limitan la colonización de algunos organismos con requerimientos más altos.

Las estaciones E11 y E12, puente Olaya y El Caracol, presentan aguas moderadamente contaminadas de calidad dudosa favoreciendo el establecimiento y permanencia de organismos con amplios rangos de tolerancia.

Nacional

TRAMA (2014) en la tesis sobre “Efectos de los plaguicidas utilizados en los cultivos de arroz, sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y la calidad de las aguas en la cuenca baja del río Piura”, Universidad Nacional Agraria La Molina de la Escuela Postgrado Doctorado en Recursos Hídricos menciona que:

El objetivo planteado fue evaluar el efecto de los agroquímicos usados en el cultivo de arroz en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y la calidad de agua en la cuenca baja del río Piura y el Manglar San Pedro de Vice.

Los resultados indican que las comunidades de macroinvertebrados cambiaron al avanzar en el sistema de riego entre las tres parcelas de arroz. El índice de calidad BMWP-Col fue mayor en la entrada de agua (grupo control) que en el drenaje y que el canal que va al manglar mostrando una calidad de agua aceptable, dudosa y crítica respectivamente. Las parcelas de arroz evaluadas presentaron diferencias, con valores de riqueza, diversidad y abundancia menor que los puntos principales de muestreo.

Se concluye que los plaguicidas y los nutrientes utilizados en el sector Mañuela margen derecha afectaron negativamente a las comunidades de macroinvertebrados siendo mayor en la estación de muestreo P2 drenaje principal en comparación al estación control P1 según la hipótesis de investigación planteada.

Las especies sensibles de macroinvertebrados identificadas tenemos: (*Tricorythodes sp.*, *Macrelmis sp.*, *Limnocois sp.*, *Pyraustinae sp.*, *Glossosomatidae sp.*, *Neotrichia sp.*, *Nectopsyche sp.1*, *Macronema sp.*, *Oecetis sp.*).

En el canal de drenaje y el que se dirige al manglar se encontró un aumento de moluscos con una disminución de la calidad de agua con concentraciones bajas

en el oxígeno disuelto, aumento de la turbidez, conductividad y cambios en el pH, modificando el establecimiento de diferentes órdenes de macroinvertebrados.

Los taxa dominantes indican el tipo de perturbación, encontrándose en el punto control la dominancia de un género de *Trichoptera* que es muy sensible a la contaminación, en el drenaje y canal del manglar los taxones dominantes fueron moluscos con mediana y alta resistencia a la contaminación. Las parcelas estuvo dominada por dos especies de moluscos como: *Melanoides tuberculatus*, *Physidae* sp. y chironómicos, los cuales tienen una alta resistencia a la contaminación según el índice BMWP-Col.

1.3. Teorías relacionadas al tema

1.3.1. Contaminación o polución del ambiente acuático

RINGUELET (1967) y ORTEGA (2014) refiere que: “La polución o contaminación lo define como la alteración más o menos grande de las condiciones ecológicas del medio acuático debido al aporte violento o masivo de materia orgánica, inorgánica o energía, tanto de origen autóctono como alóctono, que implica una alteración para su uso posterior o su función en el ecosistema” (p. 4 y p. 6).

“La palabra polución deriva del latín polluo: manchar, profanar y el adjetivo poluído del latín pollutum: manchado, profanado” (RINGUELET, 1967, p. 6).

“La materia orgánica o inorgánica que en cantidades desmedidas se incorpora, altera las condiciones ecológicas del cuerpo del agua, el cual adquiere características extraordinarias, visibles en numerosos factores físicos, químicos, los cuales repercuten a su turno en la cantidad y calidad de los organismos de las diversas comunidades” (RINGUELET, 1967, p. 6).

“Un biotopo o ambiente general poluído, puede ser considerado como un ambiente acuático idiotrofo, o sea un cuerpo de agua de características extraordinarias, y existe varios indicadores para demostrar su estado” (RINGUELET, 1967, p. 6).

Mucho se ha estudiado en el hemisferio norte sobre los agentes causales de la contaminación de las aguas corrientes, sobre sus características físicas,

químicas y biológicas, sobre las condiciones ecológicas del [medio] ambiente, sobre el desarrollo y bienestar de las agrupaciones vegetales y animales acuáticos y sobre la salud e intereses humanos afectados (RINGUELET, 1967, p. 6).

1.3.2 Clasificación, Categorías o tipos de contaminantes de los recursos hídricos en función de diferentes criterios.

ORTEGA (2014) lo clasifica según diferentes criterios (p. 4, p. 5 y p. 6).

1.3.2.1 Según su origen:

RINGUELET (1967) menciona que: “Existen dos categorías o tipos de polución, que depende del origen del aporte, si bien no faltan los casos en que un mismo cuerpo de agua sufra las consecuencias de ambos procesos” (p. 7).

A. Contaminación natural o endógena:

RINGUELET (1967) menciona que: La contaminación natural es la producida por un exceso de materia orgánica vegetal o animal del mismo ambiente que provoca alteraciones en el estado normal del biotopo, por causa de la muerte de otros organismos, o por generar gases o compuestos nocivos, alterando la proporcionalidad normal de las comunidades con la aparición de organismos más o menos saprofilos (que viven de preferencia en medios más o menos rico en materia orgánica en descomposición).

El mecanismo normal que destruye los organismos muertos, la putrefacción por acción bacteriana, transforma las sustancias orgánicas en sustancias inorgánicas. El proceso de transformación es en realidad una oxidación más o menos intensa que consume el oxígeno disuelto en el agua. Si éste no alcanza para transformar la materia orgánica acumulada, la putrefacción es incompleta, el oxígeno disminuye fuertemente y llega a agotarse y se producen gases nocivos.

Un ambiente en donde el proceso de transformación no es suficiente se hace poco soportable por el olor más o menos pestilente, debido sobre todo a compuestos fétidos como el ácido sulfídrico y otros como el metano. De ahí pues que uno de los medios de detectar un ambiente poluído, sea simplemente el mal olor.

Las plantas desarraigadas y muertas, en proceso de putrefacción, forman grandes masas, debajo de las cuales se va formando un sedimento organógeno con intenso olor, en tanto que el agua pierde gran parte o todo su oxígeno por ser consumido en el proceso de mineralización. El olor sui generis del "fango con olor podrido" se debe a la formación de HS₂, a veces también al metano o "gas de los pantanos", y es consecuencia de la fermentación anaerobia, es decir, sin presencia de oxígeno (p. 7).

B. Contaminación exógena o alóctona [antrópica]:

RINGUELET (1967) menciona que: "La contaminación exógena o alóctona (causa externa al cuerpo de agua), debido a las actividades humanas, especialmente las que resultan en el vertido de productos residuales sanitarios o industriales en ríos, arroyos, lagunas, lagos y estuarios" (p. 11).

Las causas que provocan los efectos tan nefastos, onerosos e inconvenientes, son los siguientes" (p. 11 y p. 12):

1. La introducción de productos erosionados o transportados desde la cuenca de aporte del cuerpo de agua, debido a las modificaciones humanas, como son la agricultura, los trabajos mineros, y otros que alteran la textura de los suelos y provocan o facilitan su transporte más activo por el agua.

2. RINGUELET (1967) y ORTEGA (2014) El vertido de desechos industriales (p. 4), de cualquier índole, los que provocan poluciones de índole más severa por que las sustancias arrojadas no son fácilmente reducidas o transformadas y por su toxicidad más elevada (ver cuadro N° 1).

3. El aporte de efluentes cloacales de las obras sanitarias, cuyos caños o cloacas maestras descargan en ambientes acuáticos.

4. Por aporte directo de desechos orgánicos de mataderos, descarga y hospitales.

5. Por aporte de plaguicidas o insecticidas empleados en la cuenca de aporte y arrastrados por las lluvias o que caen directamente en el mismo cuerpo de agua.

Cualquiera sea el origen del aporte, provoca dos tipos de fermentación, la fermentación aerobia y anaerobia. La segunda que es producida por bacterias adaptadas a la vida en ausencia de oxígeno libre, produce sustancias ternarias como CO₂, CH₄, y ácido butírico. Produce así mismo sustancias cuaternarias como CH₂ y NH₃, además de productos intermedios entre los que se cuentan los ácidos aminado³ y grasos, fenoles, cresol, escatol, indol y otros. La mayoría de esas sustancias son nocivas para los animales acuáticos y especialmente para los peces (RINGUELET, 1967, p. 12).

Las sustancias disueltas en el agua que no forman parte normal de ella, y que aportan los afluentes industriales son particularmente nocivas para la fauna acuática. No menos de un centenar de varias sustancias se han censado (BEACK, 1958) y su incorporación confiere al cuerpo de agua características de ambiente idiotrofo. Particularmente tóxico es el efecto de los ácidos, que obran sobre los peces de distinto modo según la dureza y el pH del agua, interrumpiendo la respiración o interfiriendo en el metabolismo del animal después de pasar por las paredes del intestino (RINGUELET, 1967, p. 12).

1.3.2.2 Según la naturaleza de los contaminantes:

A. Física: [Son aquellos contaminantes de origen antrópico que pueden generar un aumento en la turbidez, cambios en la temperatura o generar contaminación sonora y radiactiva].

A1. Sólidos o materiales en suspensión: Estas partículas en suspensión según ALONSO DEL VAL et al., (2005) y ORTEGA (2014) “aumentan la turbidez del agua modificando sus propiedades organolépticas, disminuyendo la penetración de la luz, la producción fotosintética alterando la biocenosis y las cadenas tróficas, y” (p. 4 y p. 257).

A2. Térmica:

ALONSO DEL VAL et al., (2005) refiere que: “Son provocadas por un aumento de temperatura de las aguas, generalmente procedente de circuitos de refrigeración de centrales y otras industrias, generando cambios en el ciclo de vida de organismos (crecimiento y reproducción), afectando especialmente al período reproductivo” (p.257).

El aumento de la temperatura según ALONSO DEL VAL et al., (2005) y ORTEGA (2014) “disminuye la solubilidad de los gases con la baja de la concentración de oxígeno del agua; con aumento de las sales y la velocidad de las reacciones químicas, lo que reduce la capacidad auto depuradora de las aguas y eleva la toxicidad de algunas sustancias” (p. 5 y p. 257).

A3. Radiactividad: Según ALONSO DEL VAL et al., (2005): “La emisión de partículas radiactivas en las centrales nucleares o en centros de investigación genera acumulación en los tejidos de organismos causando enfermedades, muerte y mutaciones en la descendencia” (p. 257).

A4. Ruido: [Originado por el sonido de] “barcos, sonar, turbinas, que causan desorientación de mamíferos” (ORTEGA, 2014, p. 5).

B. Química.

B1. Inorgánica: ALONSO DEL VAL et al. (2005) refiere que: “Consiste en la liberación al agua de sustancias inorgánicas, bien sean ácidos, bases, sales o metales pesados” (p. 256).

ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: Los ácidos y álcalis causan variaciones en el pH del agua lo cual es letal para muchos organismos, especialmente en la época reproductora. La contaminación química más peligrosa es la causada por la liberación del ión cianuro, debido a su toxicidad, así como la de algunos metales pesados, como el plomo, mercurio, cadmio, etc., que además de su toxicidad son bio acumulables a través de las cadenas tróficas y no son biodegradables (p. 256).

B2. Orgánica:

Según ALONSO DEL VAL et al. (2005): La mayoría de vertidos de sustancia orgánicas son biodegradables: como proteínas, glúcidos, grasas y aceites, alquitrán, y disolventes orgánicos; el efecto más peligroso que produce esta contaminación es la disminución del oxígeno disuelto al crecer exponencialmente las poblaciones bacterianas durante la descomposición aerobia y el más evidente es la producción de sustancias como ácidos y gases que causan malos olores en las aguas. Los detergentes que son sustancias tensoactivas que disminuyen la

tensión superficial del agua y forman espumas dificultando el intercambio gaseoso de los organismos; y si poseen polifosfatos contribuyen al fenómeno de eutrofización. Los PCBs causan cambio de sexo en los peces de lagos de Canadá (p. 256).

C. Biológicos: ALONSO DEL VAL et al., (2005) da a saber que está “Representado por los microorganismos y su abundancia como las bacterias coliformes [termotolerantes, totales y *E. coli*] y los estreptococos son indicadores de contaminación fecal, así como otros organismos indicadores de contaminación como: *Asellus*, paramecios, carpas, larvas de insectos, *Tubifex*” (Fig. 19) (p. 257).

C1. Microorganismos patógenos: ORTEGA (2014) menciona que: “Protozoos bacterias, virus, [nematodos, huevos y quistes] transmisores de enfermedades [diarreicas (EDAS) y parasitosis]” (p. 5).

1.3.2.3 Según su localización:

GONZÁLEZ (2007) da a conocer que: “Los procesos contaminantes hídricos son de dos tipos” (p. 2 y p. 189):

A. Fuentes puntuales o fijas: GONZÁLEZ (2007) menciona que: “Son sitios puntuales de descargas de aguas residuales generalmente continuas como por ejemplo las que salen de una industria, núcleos urbanos, [un camal municipal], minería, etc.” (p. 2).

B. Fuentes difusas o no fijas:

GONZÁLEZ (2007) menciona que: Son aquellas pequeñas fuentes de descargas múltiples, cuyos aportes no son localizados ni continuos, el acceso a los cursos o cuerpos de agua es por derrame o filtración a través de los suelos (contaminación difusa), directamente vinculada a las actividades agrícolas y silvícolas, trayendo impactos ambientales negativos ejemplo: Fertilizantes, productos fitosanitarios, deposición de contaminantes atmosféricos Insecticidas y plaguicidas (p. 2).

1.3.2.4 Según su evolución:

A. Biodegradable:

ALONSO DEL VAL et al. (2005) y ORTEGA (2014) refieren que: Son sustancias que puede ser descompuesta por microorganismos degradadores o utilizada por organismos productores para la autodepuración. Ejemplos de ellas pueden ser el cianuro, los nitratos, los fosfatos, etc., el problema viene cuando los aportes superan la capacidad de [autodepuración]. Los nitratos y fosfatos en exceso causan un problema denominado eutrofización (p. 5 y p. 256).

B. No biodegradable: ALONSO DEL VAL et al. (2005) y ORTEGA (2014) refieren que “Son elementos tóxicos [difíciles de degradarse] que se acumulan en la cadena alimenticia, la más peligrosa es la causada por la liberación del ión cianuro, debido a su toxicidad, así como la de algunos metales pesados, como el plomo, mercurio, cadmio, etc” (p. 5 y p. 256).

1.3.2.5 Según el medio en el que se produce:

A. Marino:

[La actividad del hombre y sus residuos generados y arrojados al mar generan pérdida de la biodiversidad marina] según ORTEGA (2014) dice que: Los vertidos industriales con presencia de metales pesados y sustancias tóxicas, dichas sustancias pueden acumularse en la cadena trófica, la limpieza de tanques de buques cisternas y los accidentes con derrame de petróleo o plataformas petrolíferas puede matar a la flora y fauna marina [debido a que el petróleo o crudo se adhiere a sus branquias de dichos organismos] impidiendo el intercambio gaseoso, generando efectos además en el paisaje y la economía. Los vertidos radiactivos en bidones generan efectos durante miles de años, las redes y artes de pesca inadecuados u abandonados agotan los recursos pesqueros y los residuos flotantes que son ingeridos por los peces, aves y mamíferos marinos causan la muerte de los mismos. La salida de aguas residuales de ciudades costeras, residuos salinos de las desaladoras alteran los ecosistemas, con cambios en las biocenosis, movimientos de las masas de agua por cambio de densidad y el incremento de la disolución de CO₂, con la consiguiente acidificación del medio (p. 7).

B. Ríos: [Estos cuerpos de agua superficiales loticas de depuración y renovación rápida debido a su movilidad han sido impactados por los vertidos de la población

que se han asentado a sus riberas y por sus redes de alcantarillado], según ORTEGA (2014) estos residuos urbanos de la red de alcantarillado no tratados generan el incremento de bacterias patógenas y causan la eutrofización en algunos tramos de los ríos que tienen la capacidad de autodepuración, además los residuos agrícolas alteran las cadenas tróficas (p. 7).

C. Aguas subterráneas: ORTEGA (2014) refiere que son cuerpos de agua con “depuración lenta y difícil, poca regeneración, limpieza difícil de los estratos porosos” (p. 7).

1.3.3 La calidad del agua

ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: La calidad del agua se define a partir de una serie de parámetros cualitativos y cuantitativos, tanto físicos, químicos como biológicos y dicha calidad está en función al uso que se le vaya a dar al agua: bebida, baño, [recreación], riego, etc. Hay autores que recomiendan el respeto de un caudal ecológico en la explotación de las aguas de un río, son partidarios de definir la calidad de las aguas no sólo en función de los usos humanos sino también en función de la biocenosis original del ecosistema. Si mantuviésemos este criterio entonces el caudal ecológico y la calidad ecológica habrían de ser característicos de cada cuenca (p. 257).

Los parámetros que se utilizan para medir la calidad del agua son:

A. Físicos: Según ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona parámetros como: “transparencia, turbidez, color, olor y sabor, temperatura y radiactividad conductividad eléctrica que indica la cantidad de iones salinos disueltos” (p. 257).

B. Químicos:

pH: [Potencial de hidrógeno] según ALONSO DEL VAL et al. (2005) refiere que: “Indica la acidez o basicidad; si estos valores se alejan del pH normal entonces quiere decir que hay contaminación química” (p. 257).

Nitrógeno: según ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que “Indica la contaminación por amonio, nitritos y nitratos” (p. 257).

Dureza: [Es debido a la presencia de carbonatos en el agua] ALONSO DEL VAL et al. (2005) dice que: “Es un parámetro que se define en función de los iones Ca^{2+} y Mg^{2+} . El agua dura [al pasar por la red de abastecimiento de agua para consumo humano] favorece la formación de incrustaciones calcáreas en las tuberías e instalaciones” (p. 257).

Oxígeno Disuelto (OD): [Es el oxígeno atmosférico que se diluye en el agua, en zonas altoandinas donde las temperaturas son bajas la capacidad de disolución del oxígeno en el agua es mayor y en zonas costeras con temperaturas más altas sus concentraciones son más bajas], según ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: “Nivel bajos de oxígeno disuelto en el agua indica contaminación por materia orgánica. Las aguas limpias y corrientes están saturadas de oxígeno” (p. 257).

Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5):

ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: Es uno de los parámetros más utilizados se determina en mg/L. Es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos para descomponer u oxidar la materia orgánica en un tiempo de 5 días a una temperatura de 20°C . Se determina midiendo la cantidad de oxígeno disuelto que hay en el agua y después se toma otra muestra de agua en una botella DBO en ausencia de luz y se incuba por cinco a 20°C y se mide la concentración de oxígeno y la diferencia entre las dos cantidades obtenidas es la DBO5 (p. 257).

Demanda Química de Oxígeno (DQO):

ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: “Mide la cantidad de oxígeno necesaria para oxidar todo tipo de materia, la orgánica y la inorgánica. Se realiza con agentes oxidantes químicos, como el dicromato y el permanganato potásico. El cociente DBO/DQO indica el porcentaje de materia biodegradable que existe en el medio” (p. 257).

Existen otros procedimientos químicos para medir la presencia de otras sustancias como la del cloro, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, sulfatos, fosfatos, metales, pesticidas, detergentes, etc.

C. Biológicos: ALONSO DEL VAL et al. (2005) mencionan que: “Indican la variedad de especies de microorganismos y su abundancia. Los más frecuentes

[en aguas contaminadas por heces] son las bacterias coliformes y los estreptococos que son indicadoras de contaminación fecal. Hay estudios de otros organismos indicadores de contaminación como son: *Asellus*, paramecios, carpas, larvas de insectos, *Tubifex*" (p. 257).

1.3.4 Contaminación de las aguas continentales

ALONSO DEL VAL et al. (2005) da a conocer que: El agua es una sustancia que por su abundancia y propiedades, como sus capacidades de disolución y alto poder calorífico, se emplea en numerosas actividades. Las fuentes de contaminación diversas producen: las aguas residuales agrícolas y ganaderas, las aguas residuales urbanas, las aguas industriales, las actividades mineras, la intrusión salina por sobreexplotación de acuíferos, los lixiviados procedentes de los residuos sólidos urbanos (p. 258).

ALONSO DEL VAL et al. (2005) da a entender que: "Los efectos de la contaminación en ríos, lagos y aguas subterráneas son también muy diversos. En la naturaleza el agua [que discurre en estos ambientes loticos y lenticos] tiene cierta capacidad de auto depurarse por lo que los contaminantes se diluyen, se filtran o son degradados por microorganismos y se restaura las concentraciones de oxígeno [disueltos en el agua]" (p. 258).

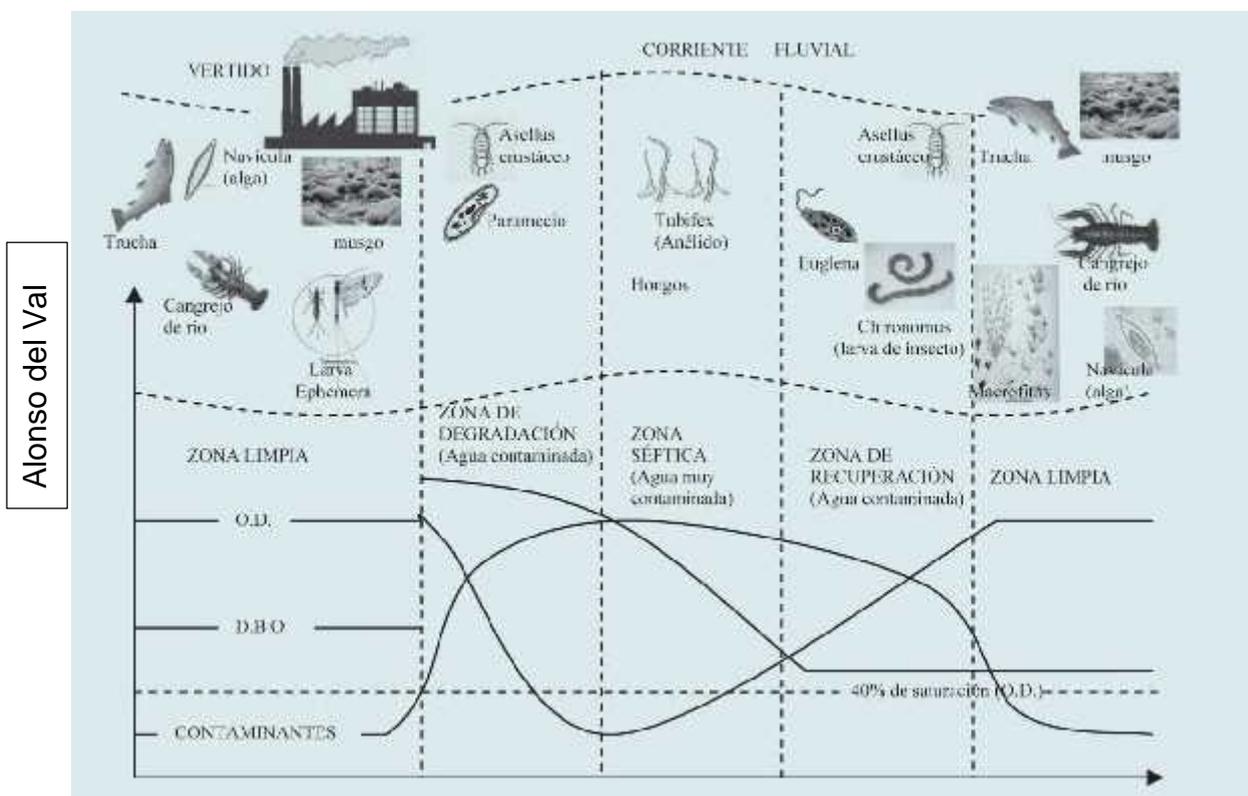
1.3.4.1 Contaminación orgánica

Para ALONSO DEL VAL et al. (2005) la contaminación orgánica de los ríos se trata de una contaminación biodegradable, ésta desaparece si la contaminación no supera la capacidad de autodepuración del río. En efecto, tras el vertido, aparece una zona de degradación (FIG N° 01) con presencia de peces y aves que se alimentan de desechos y con un descenso de la concentración de oxígeno hasta el 40 % debido a la descomposición bacteriana; La zona de descomposición activa o séptica de aspecto más oscuro y putrefacto, donde hay un incrementa bacteriano disminuyendo todavía más la concentración de oxígeno generándose un cambio en la biocenosis con aparición de especies tolerantes al escaso oxígeno y la desaparición de otras más exigentes. Si la escasez de oxígeno es muy elevada entran en acción bacterias anaerobias con lo cual se empobrece todavía más la biocenosis y se liberan gases como el amoníaco, sulfhídrico, etc responsables del

mal olor de estas zonas. A medida que las aguas prosiguen su curso, el oxígeno del aire y de la fotosíntesis facilita la vuelta a las condiciones normales, esta zona se denomina de recuperación porque se observan nuevamente algas verdes y otras especies de organismos y finalmente las aguas se tornan de nuevo limpias restableciéndose las condiciones anteriores al vertido (p. 259).

ALONSO DEL VAL et al. (2005) refiere que: “El vertido de materia orgánica en lagos o pantanos es más peligroso debido a que la tasa de renovación y su capacidad de depuración en éstos es mucho menor que la de los ríos pudiéndose diferenciar tres etapas” (p. 259).

Figura 1



Etapas que experimenta un río tras el vertido de materia orgánica y la degradación de la materia orgánica por la flora y fauna acuática.

1.3.4.2. Eutrofización

A. Etapa de proliferación del fitoplancton. ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: “El aporte en exceso de nitratos y fosfatos [al medio acuático] eleva la producción primaria de fitoplancton que recubre y enturbia las aguas porque

impide que la luz penetre a mayor profundidad, muriendo la vegetación planctónica y con ella muchos animales” (p. 260).

B. Etapa de degradación aerobia de la materia orgánica.

ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: Las poblaciones planctónicas tienen un crecimiento exponencialmente alcanzando pronto su densidad máxima, a partir de la cual mueren masivamente cayendo al fondo enriqueciendo el fondo con detritos orgánicos.

Éstas poblaciones planctónicas junto a la vegetación bentónica que muere son descompuestos por bacterias aerobias que presenta un crecimiento exponencialmente empobreciendo [las concentraciones] de oxígeno [disuelto] en las aguas, disminuyendo la capacidad auto depuradora de las aguas y provocando la extinción de numerosas especies de animales que no pueden soportan estas condiciones de anoxia (p. 260).

C. Degradación anaerobia de la materia orgánica.

ALONSO DEL VAL et al. (2005) menciona que: En condiciones de anoxia se desarrollan bacterias anaerobias que fermentan la materia orgánica liberando sustancias como CH₄, HS₂, NH₃ que generan mal olor y sabor.

El estado de eutrofización puede verse agravado por el aporte de sedimentos, como el limo y arcilla, que incrementan la turbidez del agua disminuyendo la [ingreso de la luz del sol] para que se realice fotosíntesis [por los organismos fotosintéticos], obstruyendo las branquias [de organismos acuáticos] y los órganos de alimentación de los animales acuáticos. Los efectos de la contaminación de las aguas continentales causan los siguientes problemas (p. 260):

- a. Pérdida de calidad de aguas que supone un riesgo.
- b. Alteraciones en las comunidades de los ecosistemas acuáticos.
- c. Reducción de la capacidad recreativa y del valor estético del medio.

1.3.5. Consecuencias de la contaminación del agua

GONZÁLEZ (2007) da a conocer que: “La contaminación hídrica impone una serie de consecuencias negativas en los cuerpos o cursos de aguas, que resultan en una menor disponibilidad de agua dulce de calidad adecuada” entre ella tenemos: (p. 2).

1. Alteración, degradación o muerte de las distintas formas de vida acuática.
2. Transmisión de enfermedades entre seres vivos (personas incluidas), por contacto e ingesta de aguas contaminadas.
3. Reducción de los usos potenciales del agua (vida acuática, riego, recreación, otros).
4. Aumento del costo de producción de agua potable.
5. Pérdida de belleza escénica y del uso turístico o recreativo.

1.3.6. Macroinvertebrado Bentónico

PALMA (2013) da a conocer que: El término macroinvertebrado o macrozoobentos [proviene de la raíz griega] macro que significa grande y bentos que significa fondo, es decir son aquéllos animales invertebrados de tamaño relativamente grande, mayor a 500 μm (0,5 mm) y comúnmente visibles al ojo humano [que viven en el fondo del lecho del río, lagos y lagunas sobre piedras, materia orgánica y palos]. En lagos y ríos el 70 % de ellos corresponden a grandes grupos de artrópodos como son los crustáceos e insectos, siendo las formas larvarias de insectos las más abundantes como los Diptera, Coleoptera, Plecoptera, Ephemeroptera y Trichoptera. El resto lo componen pequeños moluscos, oligoquetos, sanguijuelas y planarias (p. 11).

A. Orden Efemeróptera:

A.1. Biología

ROLDAN (1988) menciona que: Los efemeróptera reciben este nombre debido a su vida corta o “efímera” que llevan como adultos. Algunos pueden vivir en estado adulto sólo cinco minutos, pero la mayoría viven entre tres y cuatro días; durante este tiempo alcanzan la madurez sexual y se reproduce; los huevos los

depositan generalmente en la superficie del agua y poseen estructuras que permiten fijarse al sustrato (p. 20).

Según ROLDAN (1988), GÓMEZ (1997) y LADRERA (2012), mencionan que: “La respiración de las larvas lo realiza a través de branquias, generalmente abdominales, las cuales varían en forma y número de acuerdo con la especie” (p. 26, p. 122 y p. 20).

A.2. Ecología

ROLDAN (1988) refiere que: “Las efemerópteras viven habitualmente en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas; solo algunas especies parecen resistir cierto grado de contaminación” (p. 20).

En general ROLDAN (1988) y LADRERA (2012) mencionan que: “Se consideran indicadores de buena calidad de agua” (p. 26 y p. 20).

ROLDAN (1988) mencionan que: Sus ninfas se encuentran habitualmente adheridas a rocas, troncos, hojas o vegetación sumergida; algunas pocas especies se encuentran enterradas en fondos lodosos y arenosos. Las ninfas son prácticamente herbívoras alimentándose de algas y tejidos de plantas acuáticas y constituyen una parte importante en la dieta alimenticia de los peces, especialmente la trucha [(*Oncorhynchus mykiss*)] y la sabaleta (*Brycon*) (p. 20).

A.3. Distribución geográfica

ROLDAN (1988) mencionan que: “Los efemerópteros son prácticamente cosmopolitas, estando ausentes sólo en Nueva Zelanda y en algunas pequeñas islas. Sólo la familia Euthyplociidae es típicamente neotropical” (p. 21).

A.4. Taxonomía

ROLDAN (1988) refiere que: “La conformación del aparato bucal, el número, la forma y la disposición de las branquias, el número y la disposición de los filamentos caudales son, entre otras, características que se utilizan para la clasificación de las ninfas de los efemerópteros” (p. 21).

LADRERA (2012) da un ejemplo como: “La larva de la familia Heptageniidae viven en áreas de corrientes elevadas por lo que presentan un gran aplanamiento dorso-ventral. Se observa las grandes branquias abdominales figura 2” (p. 26).

Figura 2

Ruben Ladrera



Larva de la familia Heptageniidae.

B. Orden Plecóptera.

Según LADRERA (2012) dice que: La fase larval es exclusivamente acuática con branquias constituidas por finos filamentos en la base de las patas o incluso en el cuello, el adulto presenta un vuelo torpe y suele pasar gran parte del tiempo entre las rocas por lo que se conocen con el nombre de “moscas de las piedras”. Estos viven en el fondo de cauces de aguas frías con concentraciones altas de oxígeno libres de contaminantes, por lo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático, se alimentan de materia orgánica gruesa o son depredadores. Ejemplo la larva de la familia Perlidae requiere elevadas concentraciones de oxígeno para vivir (p. 26).

Figura 3

Ruben Ladrera



Larva de la familia Perlidae

Figura 4



Complejo aparato bucal y las branquias de la larva Perlidae con finos filamentos en la base de las patas

C. Orden Odonata.

Según GÓMEZ (1997) menciona que las ninfas son acuáticas (p. 122) y LADRERA (2012) menciona que: Las larvas de todas las especies son zoófagas alimentándose de oligoquetos, efemerópteros o dípteros e incluso de renacuajos y alevines de peces, por ser depredadores el labro está transformado en un órgano prensil o máscara dentada que es desplegado bruscamente y lanzado hacia adelante para capturar las presas, que quedan atrapadas en los ganchos móviles de las piezas bucales, viven generalmente en las zonas con corriente de poca velocidad, como remansos o en pequeñas lagunas. La fase adulta son conocidos libélulas y caballitos del diablo. Ejemplo la larva de la familia Aeshnidae, se trata de la larva de un tipo de libélulas (LADRERA, 2012, p. 26).

Figura 5



Larva de la familia Aeshnidae

D. Orden Hemíptera.

LADRERA (2012) menciona que: El 10 % de estas especies son acuáticas, gran parte de las familias en la columna de agua como los conocidos zapateros, Una gran parte de familias viven sobre la superficie del agua, como los conocidos zapateros, por lo general son depredadores que inoculan compuestos tóxicos en sus presas a través de sus estiletes maxilares. Son depredadores fundamentalmente de peces con comportamiento gregario o la capacidad de saltar varios centímetros de algunas especies, estos insectos poseer un aparato bucal chupador (p. 27).

E. Orden Coleópteros.

E.1. Biología

Según ROLDAN (1988) da a conocer que: Los coleópteros acuáticos adultos se caracterizan por poseer un cuerpo compacto. Las larvas, presentan formas muy diversas. Las partes bucales son visibles y presentan una cápsula esclerotizada en la cabeza. El abdomen presenta branquias laterales o ventrales, de forma variada. El abdomen está dividido en esternitos y, por lo general, el último esternito abdominal presenta un opérculo (p. 117).

ROLDAN (1988) cita que: “Los coleópteros presentan una metamorfosis completa, con diferencias morfológicas del adulto y la larva. Su ciclo de vida presenta un periodo que puede variar de meses a años, dependiendo de la especie, siendo sus etapas de su ciclo de vida huevo, larva, pupa y adulto” (p. 117).

E.2. Ecología

ROLDAN (1988) cita que: “La mayoría de los coleópteros acuáticos viven en aguas continentales loticas y lenticas; como los ríos, quebradas, riachuelos, charcas, lagunas, aguas temporales, embalses y represas” (p. 117).

ROLDAN (1988) cita que: En zonas loticas los sustratos más representativos son troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y la vegetación sumergente y emergente. Las zonas más ricas son las aguas someras en donde la velocidad de la corriente no es fuerte, aguas limpias, con concentraciones de oxígeno alto y temperaturas medias (p. 117).

ROLDAN (1988) cita a SPANGLER (1981) menciona que: Los huevos son depositados en el agua sobre la vegetación acuática, troncos en descomposición, en rocas o gravas. Para muchas especies los huevos eclosionan cerca de ochos días después de ser puestos, las larvas pueden permanecer, como en caso de los élmidos, hasta 60 días (a nivel de laboratorio) para luego transformarse en pupas y luego en adultos; durante este periodo los adultos pasan por un periodo corto de vuelo. Bajo condiciones naturales el ciclo de vida puede durar de 1 a 2 años (p. 117).

ROLDAN (1988) menciona que: En cuanto a sus relaciones bióticas, los coleópteros presentan niveles tróficos diferentes, que van desde el segundo nivel trófico hasta el quinto nivel en las redes alimenticias acuáticas. Algunos de ellos se les pueden encontrar en varios niveles. Por lo tanto, pueden ser herbívoros, carnívoros o detritívoros.

E.3. Distribución geográfica

ROLDAN (1988) da a conocer que: “La mayoría de las familias de los coleópteros acuáticos son cosmopolitas. Algunos se encuentran tanto en zonas templadas como en zonas tropicales. Sin embargo, algunas familias y especies son propias de las zonas templadas” (p. 118).

E.4. Taxonomía

ROLDAN (1988) da a conocer que: “Los coleópteros acuáticos están comprendidos dentro de cerca de 30 familias” (p. 118).

LADRERA (2012) menciona que: Aproximadamente el 15% de estas especies están adaptación al medio acuático en diferentes etapas del ciclo vital, algunos grupos en la fase larval, otros en la adulta, o en una de las dos fases; su alimentación es muy variado y la calidad de las aguas no es un factor determinante en la distribución de muchas familias de este grupo. Ejemplo en la fase larva de la familia Gyrinidae son depredadores al igual que la fase adulta. Los adultos realizan movimientos circulares en la superficie del agua y con capacidad de vivir en aguas con diferente nivel de calidad (p. 27).

Figura 6



Larva de la familia Gyrinidae

F. Orden Dípteros.

ROLDAN (1988) menciona que: “Los dípteros acuáticos constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en todo el mundo” (p. 171).

F.1. Biología

El orden Díptera se considera uno de los grupos de insectos más evolucionados, junto con lepidóptera y tricóptera.

Son insectos holometábolos. Usualmente, las hembras ponen los huevos bajo la superficie del agua, adheridos a rocas o vegetación flotante. La mayoría de las larvas pasan por tres o cuatro estadios o el periodo de desarrollo larval puede ser de una semana como Simuliidae o hasta de un año como Tipulidae.

La característica más importante de las larvas de los dípteros es la ausencia de patas torácicas: El cuerpo está formado por tres segmentos torácicos y nueve abdominales, es blando y cubierto de cerdas, espinas apicales o corona de ganchos en prolongaciones que ayudan en la locomoción y adhesión al sustrato. La coloración es amarillenta, blanca o negra.

Respiran a través de la cutícula o mediante sifones aéreos; otros poseen agallas traqueales y otros, pigmentos respiratorios (hemoglobina) para sobrevivir en zonas escasas de oxígeno.

F.2. Ecología

Su hábitat es muy variado; se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aun en las costas marinas. Existen representantes de aguas muy limpias como familias Simuliidae o contaminadas como Tipulidae y Chironomidae.

En cuanto a su alimentación es muy variado; unos son herbívoros en tanto que otros carnívoros.

F.3. Distribución geográfica

Los dípteros son cosmopolitas.

F.4. Taxonomía

Para su clasificación se tiene en cuenta la esclerotización de la cabeza, si ésta es o no retráctil, si las mandíbulas funcionan en un plano horizontal o vertical; si la cabeza está o no fusionada con el tórax y si el cuerpo es aplanado o cilíndrico, entre otras (p. 171).

GÓMEZ (1997) refiere que: Esta representado por mosquitos, tábanos y jejenes, los mosquitos adultos transmiten enfermedades (p.129).

GÓMEZ (1997) refiere que: Algunas larvas se desarrollan en medio acuático (p.129), y LADRERA (2012) refiere que: Hay especies que están adaptadas a vivir en zonas con elevadas corrientes y bien oxigenadas, otras son especies oportunistas que viven en ecosistemas con ciertas alteraciones y en condiciones extremas, existe especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma. Ejemplo la larva acuática de la familia Tabanidae son depredadores que toleran cierto grado de contaminación; Larva de la familia Blephariceridae que tienen ventosas ventrales que usan para adherirse al sustrato y vivir en zonas de cabecera con alta velocidad de corriente bien oxigenadas y la larva de la familia Chironomidae, son las más frecuentes y abundantes en todo tipo de hábitats de agua dulce, capaz de adaptarse a ríos con diferentes tipos de perturbaciones, por lo que un aumento de su frecuencia relativa respecto al total de macroinvertebrados nos indica que existe alguna perturbación en el ecosistema (p. 27).

Figura 7



Larva de la familia Tabanidae

Figura 8



Larva de la familia Blephariceridae

Figura 9



Larva de la familia Chironomidae

G. Orden Tricóptera

ROLDAN (1988) da a conocer que: “Los tricópteros son insectos que se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación” (p. 145).

G.1. Biología

ROLDAN (1988) cita que: Los tricópteros son insectos holometábolos cuyas larvas viven en todo tipo de hábitat (loticos y lenticos), pero en loticos fríos es donde parece presentarse la mayor diversidad.

La mayoría de los tricópteros requieren de uno a dos años para su desarrollo, a través de los cuales pasan por cinco a siete estadios. La etapa pupal dura de dos a tres semanas, al cabo de las cuales sale el adulto. Los adultos son muy activos en las primeras horas de la noche. Las hembras depositan los huevos en el agua y los encierran por lo regular en una masa gelatinosa.

Una de las características más llamativas de tricópteros es su capacidad de construir casas o refugios, de formas variadas, a menudo propio de cada especie. Los refugios fijos al sustrato les sirven por lo regular de protección y captura de alimento. Las casas portables les sirven de protección y de movimiento en busca de oxígeno y alimento.

Las larvas se alimentan de material vegetal y algas que encuentran sobre las rocas. Algunas larvas son depredadores.

G.2. Ecología

La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas (p. 145).

En general, son buenos indicadores de aguas oligotróficas.

G.3. Distribución geográfica

ROLDAN (1988) cita a FLINT (1971 y 1978a) quién menciona que: “Los tricópteros son cosmopolitas, pero para el neotrópico se han descritos familias, géneros y especies propios de esta región” (p. 145).

G.4.Taxonomía

En la clasificación de los tricópteros se tiene en cuenta la presencia o no de placas esclerotizadas en los segmentos torácicos; la presencia o ausencia de agallas branquiales en el abdomen; si el labrum es membranoso o no y el número de setas a lo largo de la parte central; y longitud de la antena, entre otros: también la forma y el tipo de material de las casas o refugios es una característica de valor taxonómico a nivel de familia, principalmente (p. 145).

GÓMEZ (1997) da a conocer: Sus larvas y pupas son acuáticas, viven en arroyos (p. 129), además GÓMEZ (1997) y LADRERA (2012) mencionan que: algunas construyen estuches que son de forma variada rectos o helicoidales, recordando a la caparazón de un caracol, para su fabricación emplean arena, grava o restos vegetales y en su interior desarrollan su ciclo larvario (p. 27).

LADRERA (2012) hace mención que: Son especies herbívoras, detritívoras y depredadoras, y presentan en general cierta exigencia en cuanto a la calidad del agua y constituyen uno de los grupos de insectos más importantes de los ecosistemas acuáticos por su exigencia en cuanto a la calidad del agua. Ejemplos la larva de la familia Sericostomatidae fabrican su estuche con granos de arena; y son buenos indicadores de la calidad del agua y la larva de la familia Hydropsychidae no fabrican estuches, pero si constuyen redes de seda que atrapan partículas arrastradas por el río que es su alimento. No son muy exigentes en cuanto a calidad del agua, por lo que suelen vivir en la mayoría de tramos fluviales (p. 27).

Figura 10

Ruben Ladrera



Larva de la familia Sericostomatidae

Figura 11

Ruben Ladrera



Larva de la familia Hydropsychidae

H. Clase Oligochaeta

ROLDAN (1988) menciona que: "Son considerados verdaderamente de agua dulce" (p. 15).

H.1. Biología

ROLDAN (1988) refiere que: Los oligoquetos acuáticos tienen la misma estructura de los terrestres, representados éstos últimos por la conocida lombriz de tierra. Su tamaño varía entre 1 y 30 mm. Las setas quitinoides varían en número y

forma, constituyéndose, por lo tanto, en caracteres taxonómicos importantes. Algunos individuos se desplazan arrastrándose sobre el suelo, pero otros como algunos Naididae pueden nadar (p. 15).

ROLDAN (1988) da a conocer que: “Su alimentación consiste principalmente de algas filamentosas, diatomeas y detritus de plantas y animales” (p. 15).

ROLDAN (1988) da a conocer que: El intercambio gaseoso se realiza a través de la piel, la cual está profusamente irrigada de capilares. Los tubificidos que viven enterrados en el fondo, construyen tubos a través de los cuales proyectan su extremo posterior el cual es agitado por el agua, obteniendo en esta forma una mayor cantidad de oxígeno (p.15).

H.2. Ecología

ROLDAN (1988) cita que: “La mayoría de los oligoquetos viven en aguas eutrofizadas, sobre fango y con abundante cantidad de detritus” (p.15).

ROLDAN (1988) cita que: “Los tubificidos pueden vivir a varios metros de profundidad donde el oxígeno escasea (p. 15).

ROLDAN (1988) cita que: En los ríos contaminados con materia orgánica y aguas negras, los tubificidos se encuentran en término de miles de metros cuadrados, constituyéndose éstos en indicadores de contaminación acuática. ROLDAN et al. (1973) reportan en las zonas de mayor contaminación en el río Medellín entre 8,000 y 10, 000 Tubifex / m² (p. 15).

Experiencias en laboratorio han demostrado que Tubifex pueden vivir hasta 120 días en condiciones anaeróbicas (PENNAK, 1978) (p. 15).

Los miembros de la familias Aelosomatidae, Naididae y Opistocystidae, viven en aguas tanto corrientes como quietas en el fondo, sobre piedras, restos de plantas y sobre vegetación (p. 15).

Los Haplotaxidae son en parte terrestres y parte límnicos y se consideran los oligoquetos más primitivos (p. 15).

H.3. Distribución geográfica

Los oligoquetos acuáticos constituyen aun un grupo poco conocido a nivel mundial. Muchos géneros son cosmopolitas como: *Aelosoma*, *Chaetogaster*, *Nais*, *Slavina*, *Dero* y *Tubifex*. Los Estudios en Suramérica son muy escasos como para tener una visión de su distribución en esta parte del continente. El país en el que mejor se han estudiado es en Brasil (MARCUS, 1942, 1943, 1944 y 1965). Para Colombia se han reportado los géneros *Hystricosoma*, *Pristina*, *Slavina*, *Tubifex* y *Drilocrius*, siendo el *Tubifex*, abundante en partes más contaminadas de los ríos.

I. Orden Neuroptera-Sub orden Megaloptera

I.1. Biología

ROLDAN (1988) refiere que: El tamaño de los individuos de la familia Corydalidae varía entre los 10 y 70 mm; son tal vez uno de los insectos más llamativos que se encuentran en el agua. Su coloración es por lo general oscura. Se caracterizan por poseer un par de mandíbulas fuertes y grandes y por un par de mandíbulas fuertes y grandes y por tener un par propatas anales, lo que diferencia de la otra familia (Sialidae), la cual posee un solo filamento terminal, los huevos son puestos sobre la vegetación semiacuática. En zonas templadas su desarrollo completo toma hasta dos o tres años, pero en el trópico aún no se conocen nada al respecto (p. 81).

I.2. Ecología

ROLDAN (1988) menciona que: “Viven en corrientes limpias, debajo de piedras, troncos y vegetación sumergida; son grandes depredadores. En general, se pueden considerar indicadores de aguas oligotróficas o levemente mesotróficas” (p. 81).

I.3. Distribución geográfica

ROLDAN (1988) da a conocer que: “Los megalópteros están ampliamente distribuidos en toda América. Pero los reportes son aún escasos, que no se puede decir con certeza cuál es su real distribución” (p. 81).

I.4. Taxonomía

ROLDAN (1988) cita que: “La familia Corydalidae se caracteriza por poseer ocho pares de apéndices abdominales laterales no segmentados o imperfectamente segmentados y un par de propatas anales” (p. 81).

ROLDAN (1988) cita que: “El género encontrado en Antioquia es Corydalis y puede alcanzar un tamaño de 70.0 mm a 80.0 mm de longitud” (p. 81).

1.3.7. Clasificación de los grupos o categorías tróficos

RIVERA, PINILLA y CAMACHO (2013) y BERNARDO et al. (2017) lo clasificaron según las siguientes categorías propuestas por CUMMINS y KLUG (1979), MERRITT y CUMMINS (1996), TOMANOVA et al. (2006) y Liévano y Ospina (2007).

1. Colectores-fragmentadores, trituradores o desmenuzadores (C.Fr): Se alimentan de materia orgánica particulada gruesa (MOPG) como hojas o tejido de planta vascular vivo o escava madera.

2. Detritívoros (Dt): Consumen materia orgánica particulada gruesa (MOPG) y microflora del sustrato (y ocasionalmente de macrófitas).

3. Colectores-raspadores o raspadores (C.Rs): Son herbívoros y se alimentan de perifiton, adaptados a raspar superficies duras, se alimentan de algas, bacterias, hongos y la materia orgánica muerta adsorbida a los sustratos.

4. Colectores-detritívoros o colectores recolectores (C.Dt): Consumen materia orgánica particulada fina (MOPF).

5. Filtradores o colectores-filtradores (C.F): Es un grupo especial de recolectores que filtran en la columna de agua pequeñas partículas de materia orgánica en suspensión.

6. Depredadores (Dep): Se alimentan de otros organismos vivos, tragando la presa entera o ingerir los fluidos del tejido corporal (p. 418 y p. 282).

1.3.8. Utilidad de un Macroinvertebrado Bentónico

PALMA (2013) cita a ROSENBERG & RESH (1993) quienes mencionan que: Los macroinvertebrados bentónicos han sido las comunidades acuáticas más utilizados como bioindicadores, por sus cualidades idóneas para ello. El concepto de bioindicador aplicado a la evaluación de la calidad de agua es definido como aquellas especies que poseen requerimientos particulares con relación a uno o un

conjunto de características fisicoquímicas del medio donde habitan, tal que los cambios en su hábitat genere su presencia o ausencia, en número, morfología o conducta de este especie en particular, encontrándose estos parámetros fisicoquímicos fuera de los límites de tolerancia (p.11).

Según PALMA (2013) dice que: “Los macroinvertebrados son una adecuada herramienta para evaluar impactos ambiental, de estado ecológico e incluso la de riesgo ecológico” (p. 11).

BARBOSA et al (2106) cita a MATSUMARA – TUNDISI (1999) quien menciona que: Los organismos acuáticos, principalmente invertebrados, son los que mejor responden a los cambios de las condiciones ambientales. Los ambientes fuertemente impactados muestran pocas especies que, si están bien adaptadas, pueden exhibir gran desarrollo y el monitoreo de estaciones aguas arriba y aguas abajo de la fuente contaminante, puede identificar las consecuencias ambientales para la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático (p. 122).

LADRERA (2012) y BARBOSA et al (2016) cita a CUNHA y CALIJURI (2013) y NAIME y SPILKI (2012) quienes mencionan que: Los atributos que hacen que los macroinvertebrados bentónicos sean buenos bioindicadores son (p. 25, p. 122 y 123).

- . **Significativa diversidad taxonómica:** En función de la elevada diversidad de grupos taxonómicos, se pueden encontrar macroinvertebrados bentónicos sensibles o tolerantes a las actividades humanas, ofreciendo un significativo espectro de respuestas a los cambios ambientales (p. 123).
- **Abundancia:** Estos organismos son relativamente comunes y generalizados en la mayoría de los sistemas acuáticos (p. 123).
- **Sedentarismo:** Los macroinvertebrados bentónicos no son capaces de desplazarse por grandes distancias, lo que impide la migración cuando las características del medio acuático no les son favorables.
- **Ciclo de vida:** Tienen un ciclo de vida extenso, lo que hace posible su utilización continua como bioindicador a lo largo del tiempo (p. 123).

- **Facilidad de muestreo o recolección:** Los macroinvertebrados son fácilmente recolectados y los principales métodos para evaluar la calidad del agua son el levantamiento de alteraciones en la diversidad de especies encontradas y el análisis del nivel de pérdida de especies sensibles (p. 123).
. Los protocolos de monitoreo y elaboración de índices están bien estandarizados (p. 25).

1.3.9. Normatividad peruana

Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos

En el Artículo 79° menciona que: El vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo de agua natural sea continental o marina se realizará previa opinión técnica favorable de las Autoridades Ambiental y de Salud cumpliendo con de los Estándares de Calidad Ambiental del Agua (ECA-Agua) y Límites Máximos Permisibles (LMP) para aguas residuales tratadas, además se prohíbe el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.

En el Artículo 80° refiere que: Todo vertimiento de agua residual en una cuerpo de agua natural necesita de autorización de vertimiento, para lo cual debe presentar el instrumento ambiental pertinente aprobado por la autoridad ambiental respectiva contemplando los siguientes aspectos respecto de las emisiones: 1. Someter los residuos a tratamientos previos necesarios 2. Demostrar que las condiciones del receptor permitan los procesos naturales de purificación. La autorización de vertimiento se otorga por un plazo determinado y prorrogable, de acuerdo con la duración de la actividad principal en la que se usa el agua y está sujeta a lo establecido en la Ley y en el Reglamento.

D.S N°001-2010-AG, Reglamento de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos”.

Según el Artículo 131° da a conocer conceptos sobre: Aguas residuales que son aquellas cuyas cualidades originales han sido modificadas por actividades del ser humano, tengan que ser vertidas a un cuerpo natural de agua o reusadas y por sus características de calidad requieren de un tratamiento previo y vertimiento de

aguas residuales, es la descarga de aguas residuales previamente tratadas, en un cuerpo natural de agua ya sea continental o marítima.

Ley N°26842, “Ley General de Salud”, de fecha 15 de julio de 1997.

Según el Capítulo VIII. De la protección del ambiente para la salud menciona en el Artículo 103 que: Es responsabilidad del Estado y de las personas naturales y jurídicas preservar su medio ambiente, y su deber es mantenerlo dentro de los estándares de calidad para preservar la salud de las personas, establece la Autoridad de Salud competente y en el Artículo 104 refiere que: Se impide a toda persona natural o jurídica de realizar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua el aire o el suelo, debiendo ser tratadas en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente.

D.S N°002-2008-MINAM, aprueba los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, D.S N°023-2009-MINAM, Disposiciones para la Implementación de los ECA para Agua, D.S N° 015-2015-MINAM, Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias para su aplicación y D.S. N° 004-2017-MINAM Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias.

En su Disposición complementaria modificatoria en el Artículo 2 nos menciona las Categorías de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua, teniendo las siguientes Categorías: Categoría 1: Poblacional y Recreacional, Categoría 2: Actividades de Extracción y Cultivo Marino Costeras y Continentales, Categoría 3: Riego de Vegetales y Bebida de Animales y Categoría 4: Conservación del ambiente acuático, además [en estos D.S. nos dan a conocer los ECAS según Categoría para su uso].

Tabla 2

Estándares de calidad de agua (ECAS) Categoría 1: Poblacional y Recreacional-Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable y río de la costa y sierra según D.S. N° 004-2017-MINAM.

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	Costa y sierra
		Arena que pueden ser potabilizadas con desinfección	Arena que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	
Turbiedad	NTU	5	100	**
Conductividad	uS/cm	1500	1600	**
SDT	Ppm	1000	1000	1500
Ph	Unidad de pH	6.5 -8.5	5.5 -9.0	5.5 -9.0
OD (valor mínimo)	mg /L	6	7	8
DBO5	mg /L	3	5	10
DQO	mg /L	10	20	30
Coliformes Termotolerantes	NMP/ 100 mL	20	2,000	20,000

D.S N° 003-2010-MINAM, LMP para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales.

[Nos da a conocer parámetros fisicoquímico y bacteriológico para los efluentes tratados según tabla 3].

Tabla 3

Límites máximos permisibles para los efluentes de PTAR para los vertidos a cuerpos de aguas

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
PH	Unidad	6.5-8.5
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

1.4. Formulación del Problema

¿Cómo determinar la contaminación orgánica a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano, distrito de Chota?

1.5. Justificación del estudio

La presente investigación se justifica por los siguientes aspectos:

1.5.1. En el ámbito social

La investigación nos permitió conocer el impacto que está generando el arrojado de basura al río, las aguas residuales del faenado del camal, alcantarillas y aguas de alcantarilla no tratadas sobre la calidad del agua de un sector del río Chotano a través de macroinvertebrados bentónicos, algunas especies de macroinvertebrados son huéspedes intermediarios de parásitos que pueden causar enfermedades al hombre, si son criaderos de larvas de vectores transmisores de enfermedades como la Malaria, Dengue, Chikungunya o Zika o útiles para ser usados como alimentos para animales de granja o peces, además si estas aguas contaminadas se están auto depurando a los 100 m aguas abajo y si cumplen los Estándares de Calidad para Agua (ECAS) según el MINAN para: Uso recreacional, riego de vegetales de tallo bajo y alto y para agua de bebidas de

animales de esta manera mejorar el bienestar de vida de los agricultores, ganaderos, o que las autoridades tomen medidas para darle conocer a la población los posibles riesgos al estar en contacto con los bañistas, parasitar al ganado que consume dicha aguas.

1.5.2. En el ámbito económico

Con este estudio de investigación permitió demostrar que los macroinvertebrados bentónicos son buenos indicadores de contaminación orgánica determinándose sus índices biológicos, esta técnica nos demanda poca inversión por el bajo costo para realizar el monitoreo de dichos invertebrados bentónicos, porque sólo se invertiría en una red surber y frascos colectores y un estereoscopio electrónico para identificar dichos macroinvertebrados, además nos permitiría realizar la caracterización la calidad de agua de los ríos de la sierra chotana, para que el Gobierno local, regional y central inviertan en proyectos para el tratamiento de las aguas residuales para ser vertidas a los ríos, además para hacer cumplir la ley para que el Camal Municipal trate sus aguas residuales, según la Ley de Recursos Hídricos - Ley N° 29338. Art. 79° donde menciona que: Quedando prohibido el vertimiento de agua residual sin dicha autorización de la autoridad competente dentro de los ECAS y LMP, de esta manera mejorar la calidad ambiental y los agricultores y ganaderos brindar a los consumidores productos no contaminados por el uso de aguas no tratadas, trayéndoles mayores ingresos mejorando la calidad de vida.

1.5.3. En el ámbito medio ambiental

Al utilizar los macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de agua de los ríos de la sierra nos permite disminuir el uso de insumos químicos y equipos que generan residuos sólidos que contaminan el medio ambiente, estas técnicas son más amenas o amigables al medio ambiente permitiendo evaluar los impactos negativos que genera los vertidos de las aguas residuales del camal en la quebrada Colpamayo tributario sobre el cuerpo receptor (río Chotano) y sobre la biodiversidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

1.5.4. En el ámbito teórico - técnico

El estudio de los macroinvertebrados bentónicos nos permitió analizar que son buenos indicadores de contaminación para determinar la calidad de agua de los ríos de la sierra chotana, el tipo de instrumentos y equipos de muestreo a utilizar para realizar la recolección de la muestra para ser representativa y adecuada y ayudar a nuevas investigaciones para generar teorías acerca del utilización de macroinvertebrados bentónicos como indicadores indirectos de la calidad de los ríos de la sierra Cajamarquina.

1.5.5. En ámbito científico

El estudio de los macroinvertebrados bentónico nos permitió identificar las diferentes taxas de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos existentes en un sector del río Chotano 100 metros aguas arriba y aguas abajo del tributario quebrada Colpamayo polucionada con aguas de residuos orgánicos del faenado del ganado, alcantarillas y los residuos sólidos, además si son buenos indicadores para evaluar la calidad de agua de los ríos de la sierra chotana haciendo uso de la metodología científica y las diversas teorías relacionadas a macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en ríos y si estos órdenes y familias de macroinvertebrados son un riesgo para la salud de la población ribereña como huéspedes intermediarios de parásitos, larvas de vectores transmisores de enfermedades metaxénicas, o son útiles para ser utilizados en la industria alimentaria para animales de granja o para la acuicultura.

1.6. Hipótesis

Hi: Los macroinvertebrados bentónicos permitirán determinar niveles de contaminación orgánica en el río.

Ho: Los macroinvertebrados bentónicos no permitirán determinar niveles de contaminación orgánica en el río.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General

Determinar la contaminación orgánica a través de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano, distrito de Chota.

1.7.2. Objetivos Específicos

- a. Evaluar los parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos básicos de calidad de agua en un sector del río Chotano, 100 metros aguas arriba y abajo de la afluyente quebrada Colpamayo.
- b. Identificar taxonómicamente la procedencia de los macroinvertebrados bentónicos que conforman la muestra.
- c. Evaluar la calidad del agua a través del índice biótico "Biological Monitoring Working Group" (BMWP) o Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico en macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano e Índice de riqueza total EPT.
- d. Evaluar el índice comunitario de riqueza de Margalef, índice de diversidad de Shannon – Wiener, Equidad, Dominancia y la Densidad.
- e. Realizar Pruebas de Shapiro Wilk, Levene y t student, correlación de Pearson y Prueba de chi cuadrado para grupo trófico.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

2.1.1.1. De acuerdo al fin que se persigue:

Aplicada:

Este estudio dio a conocer la calidad de agua del río Chotano y que tipo de fauna bentónica vive en este río y el impacto que genera las aguas residuales orgánicas a dichas comunidades por actividad antropogénica y que tipos de comunidades de macroinvertebrados bentónicos son los que viven en estas aguas, y si los macroinvertebrados bentónicos son buenos indicadores de calidad del ecosistema acuático y ser utilizados para evaluar la calidad de las aguas de los ríos de la sierra Chotana y tomar medidas para no seguir contaminado los ríos.

2.1.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación:

Descriptiva:

Porque se describe la toma de muestra para el análisis de la calidad de agua de un sector del río Chotano que se realizó in situ a 100 metros aguas arriba y aguas debajo del afluente quebrada Colpamayo y el muestreo de los macroinvertebrados bentónicos, los puntos a muestrear se localizarán a cada 10 metros en un total de 10 puntos de monitoreo en cada sector, la no impactada e impactada por aguas con contaminación orgánica y dar una explicación si los macroinvertebrados bentónicos son buenos indicadores de la calidad de agua.

2.1.1.3. De acuerdo al régimen de investigación:

Libre:

El estudio es propio del investigador.

2.1.2. Diseño de investigación

Diseño no experimental: Se determinó la calidad de agua e identificó a las comunidades de macroinvertebrados bentónicas en un sector del río Chotano aguas arriba poco impactadas y abajo las cuales presentaron más alta

contaminación orgánica por los efluentes de camal y aguas de desagüe no tratadas, arrojado de basura y otros, además se determinó la calidad de agua a través de los índices biológicos para macroinvertebrados bentónicos aguas arriba poco impactadas y abajo con una alta contaminación.

$$M \rightarrow O_x$$

2.2. Variables, operacionalización

Variable independiente: Macroinvertebrados bentónicos.

Variable dependiente: Contaminación orgánica.

2.2.1. Operación de variables

Tabla 4

Tabla de operacionalización de las variables independientes y dependiente

Variab	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición	Instrumentos
VI: Macroinvertebrados bentónicos	PALMA (2013) da a conocer que: Son aquellos animales invertebrados de tamaño relativamente grande, mayor a 500 µm (0,5 mm) y comúnmente visibles al ojo humano [que viven en el fondo del lecho del río, lagos y lagunas sobre piedras, materia orgánica y palos] (p. 1).	Las familias de los Ordenes: Efemeróptera, Plecóptera, Odonata, Hemíptera, Coleóptera, Díptera, Tricóptera.	n° orgs/m ²	Nominal	Red Surber
VD: Contaminación orgánica del agua de río	ORTEGA (2014) y RINGUELET (1967) define que: “La contaminación o alteración es la modificación más o menos grande de las condiciones ecológicas del medio acuático debido al aporte violento o masivo de materia orgánica tanto de origen autóctono como alóctono.” (p. 4 y p. 6).	DBO DQO OD Temperatura pH Turbidez	mg/L mg/L mg/L °C Unidad NTU	Intervalo Intervalo Intervalo Razón Razón Intervalo	Respirómetro Colorímetro Multiparámetro Termómetro Peachimetro Turbidímetro
		Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	Nominal	Tubos múltiples

2.3. Población y muestra

Población:

El promedio total del caudal del agua en el sector del río Chotano hasta los 100 metros aguas arriba y aguas abajo del afluente quebrada Colpamayo es de 155 litros por segundo.

Muestra:

El área total de muestreo en un sector del río Chotano tuvo una distancia de 100 metros aguas arriba y 100 metros aguas abajo de su afluente quebrada Colpamayo.

Aguas arriba se realizó el muestreo cada 10 metros en total se tuvo 10 estaciones de muestreo y por cada estación de muestreo tres puntos de muestreo; obteniéndose las muestras del fondo para macroinvertebrados bentónicos en un área de 0.034 m^2 con la red Surber, dos cerca a la orilla del río y una en medio del río donde hay mayor velocidad de corriente con un área muestreada de 0.102 m^2 en total se muestreará 1 m^2 en los 100 metros con un volumen promedio total de 45.25 litros.

Aguas arriba se realizó el muestreo cada 10 metros en total se tuvo 10 estaciones de muestreo y por cada estación de muestreo tres puntos de muestreo; obteniéndose las muestras del fondo para macroinvertebrados bentónicos en un área de 0.034 m^2 con la red Surber, dos cerca a la orilla del río y una en medio del río donde hay mayor velocidad de corriente con un área muestreada de 0.102 m^2 en total se muestreará 1 m^2 en los 100 metros con un volumen promedio total de 45.25 litros; en total se muestrearon aguas arriba y abajo 2 m^2 que representa un volumen promedio de 76.45 litros.

Se realizó el análisis de 3,5 litros de agua para el análisis fisicoquímico y bacteriológico a los 100 metros aguas arriba del afluente quebrada Colpamayo y 3.5 litros a los 100 metros aguas abajo de dicho afluente dicha análisis se realizó quincenal a fines del mes de agosto, setiembre y octubre cuando son vertidos las aguas residuales del camal, los parámetros analizados en campo fueron: Turbiedad, temperatura, pH, conductividad, SDT, oxígeno disuelto se usaron

equipos como un multiparámetros y turbidímetro, algunas muestra fueron al laboratorio referencial de Agua de Cajamarca que determinó: DQO, DBO 5 y coliformes termotolerantes.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas de recolección de datos:

Técnicas de observación:

Se exploró el sector del río Chotano con cautela cada uno de los hábitats posibles aguas arriba y abajo, observando cuidadosamente el sustrato bentónico como son piedras, arena, lodo y restos de vegetación, plantas macrófitas acuáticas flotantes, emergentes y sumergidas, raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales como son restos de basura que puedan estar presentes. El muestreo se realizó cada 10 metros, por cada punto de muestreo se toma tres estaciones de muestreo hasta completar los 100 metros con una duración mínima de 10 a 20 minutos por punto de muestreo.

Métodos de recolección de macroinvertebrados

El muestreo en el sector del río Chotano aguas arriba y abajo abarcaron una distancia de 100 m cada una, el muestreo se realizó a cada 10 m con tres muestreos por punto, dos a las orilla y una en medio del río, por cada sector se tomaron 30 muestras, la captura de los macroinvertebrados se realizó según la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía de Roldan (1988) y el método de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas del MINAN (2014) utilizando la red Surber para muestras cuantitativas con una superficie básica de 0.034 m^2 con malla de $500 \mu\text{m}$ con un marco de 337.5 cm^2 (FIG N° 12). Los muestreos se realizaron cada 15 días, las muestras fueron colectadas vivos en envases de plásticos para ser llevadas a los ambientes del Laboratorio de análisis de la calidad de agua para consumo humano de la DESA Chota.

La colecta se completó cogiendo piedras, rocas, hojas o sustratos similares y con ayuda de una pinza entomológica se colecta los macroinvertebrados bentónicos y se depositaron en viales pequeño.

Figura 12



Modelos de Red Surber

Técnicas de monitoreo de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos:

Para determinación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica del agua en un sector del río Chotano se utilizaron equipos como: Un multiparámetro marca HACH modelo HQ 40d para medir la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad, un turbidímetro marca Wagtech para determinar la turbiedad, los puntos de monitoreo de los parámetros de campo se ubicaron a 100 m aguas arriba y aguas abajo del afluente quebrada Colpamayo según el Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos Autoridad Nacional del Agua – DGCRH año 2011.

Se tomó una muestra de 250 ml de agua en envase de vidrio esterilizado para el análisis de coliformes termotolerantes los cuales se colocarán en un cooler con 2 paquetes de frío, además se tomarán muestras de agua en envases de plástico para la DBO 5 en 1L y DQO 5 en 500 ml que se preservó con 15 gotas de H₂SO₄ para las muestra tomada aguas arriba y 20 gotas en la muestra tomada aguas abajo.

Además se determinó el caudal en el sector del río Chotano aguas arriba y abajo por el método del flotador.

Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El Monitoreo biológico trabajado por grupo es un método de puntaje simple para todos los grupos de macroinvertebrados identificados a nivel de familia y que necesita solo datos cualitativos de presencia o ausencia. La puntuación va de 1 a 10 según la tolerancia a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles

como Perlidae, Oligoneuridae se les dan una puntaje de 10 y las más tolerantes a la contaminación como Oligochaeta se les dan un puntaje de 1, para determinar el IBMWP total en cada estación de muestreo se determina sumando los puntajes de todas las familias en su sitio dado. El puntaje promedio por taxón o ASPT (Average Score per Taxón) se halla dividiendo IBMWP total dividido por el número de los taxos es un índice particular valiosos para la evaluar el sitio.

Tabla 5

Puntuaciones asignadas a las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos para la obtención del índice BMWP/ Col (Roldan, 2003) adaptado para el río Chotano.

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae,	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae Hydroptilidae,	6
Hydropsychidae, Tricorythidae	5
Chrysomelidae, Psychodidae	4
Ceratopogonidae , Hydrophilidae, Physidae, Tupulidae,	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Syrphidae	2
Oligochaeta, Lumbricidae, Tubificidae	1

Fuente: ROLDAN (2003), p. 262.

Tabla 6

Clases de calidad de agua, valores BMWP' y colores para representación cartográfica.

Clase	Calidad	Valor del índice (BMWP')	Condición	Color
		> 120	Agua muy limpias	
I	Buena	101- 120	Aguas no contaminadas o poco alteradas	Azul
II	Aceptable	61 – 100	Son evidentes efectos de la contaminación	Verde
III	Dudosa	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítico	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítico	< 15	Aguas fuertemente contaminadas situación críticas	Rojo

Fuente: (ZAMORA y ALBA, 1996) ROLDAN (1999), p. 9.

Análisis EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

CARRERA y FIERRO (2001) refieren que: Este análisis se hace mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Estos ordenes o grupos son: Ephemeroptera o moscas de mayo, Plecoptera o moscas de piedra y Trichoptera. Para hallar el porcentaje de EPT se dividió el total de especímenes de la familia EPT Presentes en el área muestreada con el total de Abundancia de Individuos multiplicándole por 100 (p.42).

Tabla 7

Clases de calidad de agua, valores EPT.

Valor del EPT	Calidad de Agua
75 - 100%	Muy buena
50 - 74%	Buena
25 - 49%	Regular
0 - 24%	Mala

Fuente: CARRERA y FIERRO (2004), p. 43.

2.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Instrumentos técnicos para el monitoreo:

- a. Equipo de bioseguridad.
- b. Pinzas entomológica tipo relojero.
- c. Viales de plásticos pequeños.
- d. Alcohol 70 °
- e. Lápiz.
- f. Fichas de observación para análisis de campo validada.
- g. Wincha métrica.
- h. Guía de identificación de macroinvertebrados.

Equipos a utilizar:

- a. GPS
- b. Turbidímetro: Mide la turbidez
- c. Peachímetro: Mide el pH.
- d. Multiparámetro: Mide oxígeno y conductividad.
- e. Red surber: Muestreador para el muestreo cuantitativo de macroinvertebrados bentónicos.
- f. Cámara fotográfica.

2.4.3. Validez y confiabilidad de instrumentos:

Fichas de observación para análisis de campo fue validada por dos especialistas en el tema de la calidad de agua de río.

2.5. Métodos de análisis de datos

Para la presente investigación se utilizó estadística Inferencial (Normalidad, t student, correlación de Pearson); así mismo se utilizó gráficos e indicadores adecuados para presentar los resultados de la investigación, considerando un nivel de significancia de 0.05.

2.5.1. Procesamiento de datos.

Se utilizó el apoyo de una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010 y el software SPSS para Windows ver. 23

2.5.2. Estadística Paramétrica

a. Índices Comunitarios

Riqueza de Margalef : $(Dmg = S-1/LnN)$

Donde:

S = número de especies

N = número total de individuos

MINAM (2014) cita a MAGURRAN (1988) refiere que: El cálculo desarrollado es una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (p.70).

El índice de Margalef fue propuesto por el biólogo y ecólogo catalán Ramón Margalef y tiene la siguiente expresión. Donde Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja diversidad (en general resultado de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

b. El índice de Diversidad de Shannon-Wiener:

MINAM (2014) cita a WILHM & DORRIS (1968) menciona que: El índice de diversidad de Shannon y Wiener determina la calidad o conservación de los ambientes acuáticos, [se adaptó para macroinvertebrados]. Se calcula usando la siguiente ecuación (p. 70):

$$H' = - \sum (p_i) (\log_2 p_i)$$

Donde:

H' = contenido de información de la muestra (bits/individuo)

S = número de especies

p_i = proporción del total de la muestra que corresponde a la especie i.

p_i = n_i/n

n_i = número de individuos por especie

n = número total de individuos

Tabla 8

Calidad de agua, valores de Diversidad de Shannon-Wiener.

Valor del índice de Diversidad	Significado
0 - 1,5	Poca Diversidad
1,6 – 3	Mediana Diversidad
3,1 – 5	Alta Diversidad

Fuente: ESCOBAR (2014), p. 9.

c. Equidad o Índice de Pielou (J')

MINAM (2014) da a conocer que: Índice para la estimación de la estabilidad de las poblaciones de comunidades biológicas. El máximo valor es la unidad.

$$J' = H' / H' \text{ máx}$$

$$J' = H' / \ln S$$

Donde:

S es el n° de especies

d. Dominancia de Berger y Parker (B)

NEWMAN (2001) y MAGURRAN (1988) mencionan que: El índice de Berger Parker mide la dominancia de la especie o taxón más abundante que varía entre 0 y 1 (0 % y 100 %), cuanto más se acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad, siendo su expresión Matemática la siguiente.

$$B = N \text{ max} / N$$

Donde:

N max: Número de individuos en la especie más abundante

N: Número total de individuos de la muestra.

MAGURRAN (1988) da a conocer que: Es indicador de los mismos impactos que el índice de Simpson: polución orgánica, degradación en la morfología y degradación general.

e. Dominancia de Simpson ()

PIELOU (1969) menciona que: Es uno de los parámetros que nos permiten medir la riqueza de organismos. A medida que el índice se incrementa, la diversidad decrece. Es una medida de la dominancia, por tanto, se sobrevalora las especies más abundantes en detrimento de la riqueza total de especies. Entonces entre más aumente el valor a uno, la diversidad disminuye.

LAMPRECHT (1990) refiere que: El índice de Simpson precisa el valor de pi, Siendo $p_i = n_i / N$, donde n_i es el número de individuos de la especie "i" y N es la

abundancia total de las especies. Con otras palabras, p_i es la abundancia proporcional de la especie "i": Si bien este índice depende de la cantidad de categorías que es posible reconocer, da También una idea de homogeneidad general partiendo de la base de que un sistema es más diverso cuanto menos dominancia de especies hay, y la distribución es más equitativa. Tomando en cuenta que el valor mínimo para este índice es 1 que indica que no hay diversidad y que la dominancia es alta.

$$\text{Índice de Simpson} = \sum (p_i)^2$$

Donde:

P_i = Abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el total de individuos de la muestra.

f. Densidad

Se determinará con el número de especímenes por especie en relación al área en un metro cuadrado (ind/ m²).

2.6. Aspecto ético

Este trabajo es original, no plagiado, siguiendo con las normas de redacción de la Universidad César Vallejo.

III. RESULTADOS

3.1. Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra ubicado en un sector del río Chotano entre los $06^{\circ}34.220'$ latitud S y $78^{\circ} 39.113'$ longitud O a una altitud de 2301 m.s.n.m. aguas arriba del afluente quebrada Colpamayo tributario del río Chotano y a los $6^{\circ} 34.145'$ latitud S y $78^{\circ} 39.188'$ longitud O a una altitud de 2301 m.s.n.m aguas abajo del afluente quebrada Colpamayo, dicha quebrada desemboca a los $6^{\circ} 34.181'$ latitud S y $78^{\circ} 39.155'$ longitud O a una altitud de 2301 m.s.n.m., zona 17 hemisferio sur según figura 13.

Figura 13



Ubicación del sector del río Chotano, área de estudio a 100 m aguas arriba y debajo de su afluente quebrada Colpamayo.

3.1.1. Recolección e identificación de macroinvertebrados bentónicos

El sector del río Chotano aguas arriba y abajo abarcaron una distancia de 100 m cada una, el muestreo se realizó a cada 10 m con tres muestreos por punto, dos a las orilla y una en medio del río, por estación se tomaron 30 muestras, la colecta se completó cogiendo piedras, rocas, hojas o sustratos similares y con ayuda de una pinza entomológica se colecto los organismo en los meses de agosto a octubre, la captura de los macroinvertebrados se realizó según: Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquía de ROLDAN (1988) y el método de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas del

MINAN (2014) utilizando la red Surber para muestras cuantitativas con una superficie básica de 0.034 m² con malla de 500 µm con un marco de 337.5 cm² (FIG N° 12). Los muestreos se realizaron cada 15 días, las muestras fueron colectadas vivas en envases de plásticos para ser llevadas a los ambientes del Laboratorio de análisis de la calidad de agua para consumo humano de la DESA Chota.

Las muestras tomadas se depositaron en una bandeja de porcelana blanca, el sustrato se movió con cuidado para realizar la colecta y se colocó en una placa Petri con ayuda de una pinza entomológica se colocaron en el estereoscopio marca Kyowa optical modelo SD-2PL usando los objetivos de 15 X/15 y 10X/23 por 4X para su observación tomándose fotos y videos para la determinación taxonómica de los especímenes hasta género y/o morfotipo se emplearon las claves de ROLDAN (1988), GÓMEZ (1997) y PALMA (2013).

Para la determinación de las categorías funcionales de alimentación de los macroinvertebrados colectados se utilizó la clasificación propuesta por CUMMINS y KLUG (1979), MERRITT y CUMMINS (1996), TOMANOVA et al. (2006) y LIÉVANO y OSPINA (2007).

3.1.2. Análisis fisicoquímico y bacteriológico de calidad de agua y caudal

Para determinación de la calidad fisicoquímica y bacteriológica se utilizaron equipos como: Un multiparámetro marca HACH modelo HQ 40d para medir la temperatura, pH, y oxígeno disuelto y conductividad, un turbidímetro marca Orion para determinar la turbiedad, los puntos de monitoreo de dichos parámetros de campo se ubicaron a 100 m aguas arriba y aguas abajo del afluente quebrada Colpamayo según el Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos Autoridad Nacional del Agua – DGCRH año 2011; además se tomaron muestras de agua en cada estación que se trasladaron al laboratorio Regional de agua de Cajamarca para su análisis determinándose la demanda bioquímica de oxígeno a través del método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 22nd Ed 2012: Biochemical Oxygen Demand (BOD) 5-Day BOD Test, demanda química de oxígeno a través del método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B, 22nd Ed 2012: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method y

coliformes termotolerantes se determine a través del método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 A, B, C, E, 22nd Ed 2012: Multiple –Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Fecal Coliform Procedure.

El caudal fue determinado por el método de flotador utilizando una distancia de 10m para el recorrido del flotador, para lo cual se determinó la profundidad promedio determinándose la profundidad a las orillas del río y en medio del río a los 0 metros, 5 m y a los 10 m, además se determinó la velocidad del caudal determinándose el tiempo en segundos que recorre el flotador los 10 metros para determinar el caudal en L/seg.

3.1.3. Análisis de datos

Con los grupos analizados de los macroinvertebrados a través de órdenes, familias, o géneros se calculó el índice biótico BMWP “Biological Monitoring Working Party” modificado por ROLDAN (2003) y ZÚÑIGA (2009) y adaptado para el río Chotano para evaluar la calidad del agua, además se calculó un índice de riqueza total de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), según lo propuesto por CHARÁ (2003).

Se realizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov o Shapiro-Wilk ($n < 30$, para el análisis fisicoquímico) según sea el caso, hallándose que siguen una distribución normal, por lo que se determinó pruebas paramétricas como: Los índice de diversidad de Shannon – Wiener, la riqueza de Margalef (Dmg), la equidad de Pielou, la dominancia de Berger – Parker, y la dominancia de Simpson () según Moreno (2001), además se determinó la Densidad en ind /m².

Para la presente investigación se utilizó estadística Inferencial (Normalidad, t student, correlación de Pearson); así mismo se utilizó gráficos e indicadores adecuados para presentar los resultados de la investigación, considerando un nivel de significancia de 0.05.

Se utilizó el apoyo de una hoja de cálculo de Microsoft Excel 2010 y el software SPSS para Windows ver. 23

El análisis de los grupos tróficos se utilizó una prueba no paramétrica de Chi-cuadrado para muestras independientes, considerando un nivel de significancia de 0.05.

3.2. Resultados

El sustrato donde viven los macroinvertebrados bentónicos aguas arriba está conformado por 10% de Boulder (> 256 mm), 25 % de canto rodado (64-256 mm), 45% de grava (2-64 mm), 6.36% de arena (0.06- 2mm), 10.91% limo (0.004-0.06 mm) y 2.73 % de arcilla (<0.004mm) y con 80 % de hojarasca, 8 % de estiércol y 2 % de marga (roca sedimentaria).

El sustrato donde viven los macroinvertebrados bentónicos aguas abajo está conformado por 30% de Boulder (> 256 mm), 30 % de canto rodado (64-256 mm), 20% de grava (2-64 mm), 13.33% de arena (0.06- 2mm) y 6.67% limo (0.004-0.06 mm) y con 82 % de hojarasca, 6 % de estiércol y 2 % de marga (roca sedimentaria) según la Figura 14.

Figura 14



Sustrato y materia orgánica donde se desarrollan la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano.

3.2.1. Evaluación de parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Tabla 9

Turbiedad de las aguas del río Chotano aguas arriba (AA) y aguas abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo.

Sector	Parámetros	Unid.	ECAS –							Prom.	Desv.
			ECAS – E2: Ríos	Sub categoría A1	13-08-17	21-08-17	30-08-17	16-09-17	18-09-17		
Aguas arriba	Turbiedad AA	NTU	5	1.02	5.69	2.01	1.82	1.89	1.56	2.33	1.54
Aguas abajo	Turbiedad AB	NTU	5	15.90	26.60	20.20	10.50	2.30	2.10	12.94	8.98

Comparación de la turbiedad en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente de la quebrada Colpamayo con los ECAS Categoría 1 Poblacional y recreacional Subcategoría A1.

Se observa en la tabla 9 se determinó mayores turbiedades aguas abajo que aguas arriba en todos los análisis, estas altas turbiedades en las aguas en un sector del río Chotano son generadas por los impactos negativos por el vertimiento con aguas residuales del camal, de las alcantarillas del Distrito de Chota y las lluvias, el mes de agosto tuvo la mayor turbiedad debido a que se genera mayores residuos por las fiestas patronales con un alto consumo de carne de cerdo y otros animales los cuales son sacrificados en el camal municipal del Distrito de Chota siendo sus residuos arrojados a la quebrada Colpamayo que es tributario del río Chotano, la turbiedad aguas arriba estuvo dentro de los ECAS de aguas que pueden ser desinfectadas con simple desinfección Subcategoría A1 y aguas abajo por encima de los ECAS Subcategoría A1.

Tabla 10

Temperatura aguas arriba (AA) y aguas abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo del río Chotano

Sector	Parámetros	Unid.	13-08-17	21-08-17	30-08-17	16-09-17	18-09-17	30-10-17	Prom.	Desv.
Aguas arriba	Temperatura (°C)	°C	18.60	15.80	16.00	16.30	14.90	16.60	16.37	1.13
Aguas abajo	Temperatura (°C)	°C	19.60	19.36	19.80	18.50	16.50	17.00	18.46	1.28

Comparación de la temperatura en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo

Se observa en la tabla 10 que las temperaturas fueron más altas aguas abajo en relación a la temperatura aguas arriba, debido a que un sector del río Chotano aguas abajo de su afluente quebrada Colpamayo están siendo impactadas negativas con el vertimiento de aguas residuales del camal, de las alcantarillas del Distrito de Chota que generan gases de efecto invernadero como metano que aumenta la temperatura del agua del río Chotano.

Tabla 11

Oxígeno disuelto en un sector del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo.

Sector	Parámetros	Unid.	ECAS	ECAS	13-	21-	30-	16-	18-	30-	Prom.	Desv.
			ECAS	A1:	08-17	08-17	08-17	09-17	09-17	10-17		
Sector	Parámetros	Unid.	Ríos									
Aguas arriba	OD (valor mínimo) AA	mg O2/L	5	6	7.00	7.20	8.00	8.30	8.10	7.20	7.62	0.49
Aguas abajo	OD (valor mínimo) AB	mg O2/L	5	6	4.60	4.80	5.00	5.50	6.70	6.20	5.46	0.75

Comparación del Oxígeno disuelto del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo, con los ECAS Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1 y ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático Subcategoría E2: Ríos.

Según tabla 11 se determinó menores concentraciones de oxígeno disuelto aguas abajo en relación a la concentración del oxígeno disuelto aguas arriba en todos los análisis, estas bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el sector del río Chotano aguas abajo son generadas por los impactos negativos del vertimiento con aguas residuales del camal y las alcantarillas del Distrito de Chota debido a que la materia orgánica y microorganismos consumen oxígeno para el proceso de putrefacción de la materia orgánica, siendo en el mes de agosto menor concentraciones de oxígeno aguas abajo porque se sacrifican mayor cantidad de ganado en el camal municipal por fiestas patronales, siendo sus residuos arrojados sin tratar a la quebrada Colpamayo que es tributario del río Chotano, el oxígeno disuelto aguas arriba presentaron la mayores concentraciones que están dentro de los Estándares de calidad de agua (ECAS) para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección subcategoría A1 (6 mg/L) y río (5 mg/L), aguas abajo el oxígeno disuelto presentaron concentraciones más bajas por debajo de los ECAS Subcategoría A1 y Subcategoría E2: Ríos y sólo en el mes de setiembre y octubre está dentro de los ECAS Subcategoría A1 y Subcategoría E2: Ríos.

Tabla 12

El pH aguas de un sector del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo.

Sector	Parámetros	Unid.	ECAS	ECAS	13-08-	21-08-	30-08-	16-09-	18-09-	30-10-	Prom.	Desv.
			- E2: Ríos	- A1:	17	17	17	17	17	17		
Aguas arriba	pH AA		6.5 - 9,0	6.5 -8.5	8.60	8.80	8.80	8.43	8.28	8.20	8.52	0.23
Aguas abajo	pH AB		6.5 - 9,0	6.5 -8.5	8.20	8.70	8.10	7.90	8.10	8.00	8.16	0.26

Comparación del pH de un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo, con los ECAS Categoría 1 Poblacional y recreacional Subcategoría A1 ECAS Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1 y ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático Subcategoría E2: Ríos.

Se observa en la tabla 12 que el pH fue ligeramente básico aguas abajo en relación al pH básicos aguas arriba en la mayoría de los análisis, esta baja en el pH aguas abajo en las aguas de un sector del río Chotano son generadas por los impactos negativos por el vertimiento con aguas residuales del camal y de las alcantarillas del Distrito de Chota, siendo el pH ligeramente básico en las aguas de la quebrada Colpamayo debido a las aguas residuales acidas del camal o alcantarilla bajan al pH. En los meses de setiembre y octubre se tiene los pH más ligeramente básicos debido a que hay mayor generación de aguas residuales generados por el camal municipal de aguas domesticas de alcantarillado siendo los meses de agosto a setiembre donde hay una mayor turbiedad, Los valores de pH están dentro de los rangos de los ECAS Subcategoría E2: Ríos aguas arriba y abajo.

Tabla 13

Conductividad del aguas en un sector del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo.

Sector	Parámetros	Unid.	ECAS	ECAS	13-08-	21-08-	30-08-	16-09-	18-09-	30-10-	Prom.	Desv.
			- E2: Ríos	- A1:	17	17	17	17	17	17		
Aguas arriba	Conductividad AA	uS/cm	1000	1500	511.00	423.00	352.00	401.00	424.00	441.00	425.33	47.54
Aguas abajo	Conductividad AB	uS/cm	1000	1500	672.00	455.00	496.00	480.00	465.00	484.00	508.67	74.22

Comparación de la conductividad en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo, con los ECAS Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1 y ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático Subcategoría E2: Ríos.

Se observa en la Tabla 13 que la conductividad fue más alta aguas abajo en relación a la conductividad aguas arriba en todos los análisis, esta mayor conductividad aguas abajo en las aguas de un sector del río Chotano son generadas por los impactos negativos por el vertimiento con aguas residuales del camal y de las alcantarillas del Distrito de Chota. En los meses de agosto hubo mayor conductividad debido a que hay mayor generación de aguas residuales generados por el camal municipal de aguas domesticas de alcantarillado, Los valores de conductividad están dentro de los rangos de los ECAS Subcategoría E2: Ríos y ECAS Subcategoría A1 aguas arriba y abajo.

Tabla 14

Caudal del agua del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo

Sector	Parámetros	Unid.	13-08-17	21-08-17	30-08-17	16-09-17	18-09-17	30-10-17	Prom.	Desv.
Aguas arriba	Caudal AA	L/seg	176.00	180.00	165.00	157.00	158.00	153.00	164.83	2.16
Aguas abajo	Caudal AB	L/seg	220.00	230.00	206.00	196.00	196.00	191.00	206.50	14.12

Comparación del caudal en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo

Se observa caudales más altos aguas abajo en relación a los caudales aguas arriba en la mayoría de los análisis, estos caudales de aguas abajo del río Chotano se incrementan por el ingreso de aguas del tributario del río Chotano que es la quebrada Colpamayo y por los vertimiento con aguas residuales del camal y de las alcantarillas del Distrito de Chota, así como las aguas de lluvia que se incrementa según los animales sacrificados y el incremento de la población en las fiestas patronales como son en el mes de agosto.

Tabla 15

Coliformes termotolerantes (fecales) en un sector del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo

Sector	Parámetros	Unid.	ECAS	ECAS	13-	21-08-17	30-	16-	18-09-17	30-10-17	Prom.	Desv.
			- E2:	- A1	08-	08-	09-					
			Ríos		17		17	17				
Aguas arriba	Coliformes Termotolerantes AA	NMP/ mL	2000	20		11000.00			16000.00	540.00	9180.00	7730.00
Aguas abajo	Coliformes Termotolerantes AB	NMP/ mL	2000	20		220000.00			35000.00	35000.00	96666.67	87209.84

Comparación de los coliformes termotolerantes (fecales) en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo, con los ECAS Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1 y ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático Subcategoría E2: Ríos.

Se determinó una alta presencia de coliformes termotolerantes (fecales) indicador de contaminación fecal aguas abajo en relación a los coliformes termotolerantes aguas arriba en todos los análisis, esta alta presencia de coliformes termotolerantes aguas abajo fueron generadas por el vertimiento con aguas residuales del camal y de las alcantarillas no tratadas del Distrito de Chota en el mes de agosto donde hubo una mayor concurrencia de personas por la fiesta patronal con mayor sacrificios de animales generando mayores volúmenes de aguas residuales con alta presencia de coliformes fecales, los cuales están muy por encima de los ECAS Subcategoría: Ríos en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo.

Tabla 16

Demanda química de oxígeno de un sector del río Chotano arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo.

Sector	Parámetros	Unidad	ECAS	ECAS	13-	21-08-	30-	16-	18-	30-	Prom.	Desv.
			- E2:	- A1	08-17	17	08-17	09-17	09-17	10-17		
			Ríos									
Aguas arriba	DQO AA	mg 02/L		10		9.10			8.30	8.30	8.57	0.00
Aguas abajo	DQO AB	mg 02/L		10		20.90			8.30	8.30	12.50	5.94

Comparación de la demanda química de oxígeno de las aguas del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo, con los ECAS Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1.

Se observa en la Tabla 16 que las demanda química de oxígeno fue más alta aguas abajo en relación a la demanda química de oxígeno aguas arriba, esta alta

demanda química de oxígeno son generadas por el vertimiento con aguas residuales del camal y de las alcantarillas no tratada del Distrito de Chota, siendo el mes de agosto donde hubo la más altas demanda química de oxígeno aguas abajo debido a que en este mes son fiesta patronales con mayor sacrificios o faenado de animales generando mayores volúmenes de aguas residuales con alta presencia de sustancias químicas, la demanda química de oxígeno aguas arriba está dentro de los ECAS de aguas que pueden ser desinfectadas con simple desinfección Subcategoría A1 y aguas abajo por encima de los ECAS Subcategoría A1.

Tabla 17

Demanda bioquímica de oxígeno en un sector del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo.

Sector	Parámetros	Unid.	ECAS	ECAS						Prom.	Desv.	
			- E2: Ríos	A 1	08-17	17	08-17	09-17	17			17
Aguas arriba	DBO5 AA	mg 02/L	10	3		2.60			2.60	2.60	2.60	0.00
Aguas abajo	DBO5 AB	mg 02/L	10	3		3.80			2.60	2.60	3.00	0.57

Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno de un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo, con ECAS Categoría 1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1 y ECAS Categoría 4: Conservación del ambiente acuático Subcategoría E2: Ríos.

Se observa en la Tabla 17 que la demanda bioquímica de oxígeno fue más alta aguas abajo en relación a la demanda bioquímica de oxígeno aguas arriba, esta alta demanda bioquímica de oxígeno aguas abajo en las aguas del río Chotano son generadas por el vertimiento con aguas residuales del camal y de las alcantarillas del Distrito de Chota no tratadas. En el mes de agosto hubo alta demanda bioquímica de oxígeno aguas abajo por la fiesta patronal con un mayor sacrificios de animales generando mayor volúmenes de aguas residuales con alta presencia de materia orgánica, la DBO5 aguas abajo están por encima de los para aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección subcategoría A1 y dentro de los ECAS E2: Ríos y aguas arriba DBO 5 están dentro de ECAS Subcategoría A1 y ECAS E2: Ríos.

3.2.2. Resultado taxonómico de los macroinvertebrados bentónicos

Tabla 18

Taxonomía de los macroinvertebrados bentónicos encontrados en un sector río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre del año 2017.

Filum	Clase	Orden	Familia	Género y Especie	Aguas arriba (organismo/m ²)				Aguas abajo (organismo/m ²)				Categorías tróficas	Tolerancia a la contaminación		
					13/08/17	30/08/17	16/09/17	03/10/17	13/08/17	30/08/17	16/09/17	03/10/17				
Artrópoda	Insecta	Efemeróptera	Baetidae	<i>Camelobaetidis kondratieffi</i>	112	38	172	540					Colector-raspador	Tolerante		
				<i>Baetis tricaudata</i>	57	19	86	269					Colector-raspador	Tolerante		
			Tricorythidae	<i>Tricorythodes sp</i>	38	28	8	14					Colector-fragmentador	Tolerante		
				Psychodidae	<i>Psychoda sp</i>					315	233	663	1335	Colectores-detritivoro	Resistente	
				Syrphidae	<i>Eristalis tenax</i>					111	53	138	377	Colectores-detritivoro	Resistente	
				Simulidae	<i>Simulium sp</i>	187	62	46	108					Colector-filtrador	Tolerante	
				Tipulidae	<i>Tipula sp</i>	1	0	1	0					Colector-fragmentador	Tolerante	
				Diptera	Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp</i>	0	0	0	2					N.I	Tolerante
			Muscidae		<i>Limnophora sp</i>	0	12	2	8						Colector-detritivoros	Tolerante
										90	0	74	222	Colector-detritivoros	Resistente	
			Culicidae	<i>Culex sp</i>	18	15	5	8					Colector-filtrador	Resistente		

Chironomidae	<i>Chironomus sp (b)</i>	9	138	43	65					Colector-detritivoros	Resistente
	<i>Chironomus sp (r)</i>	62	71	237	146	273	173	115	173	Colector-detritivoros	Resistente

				<i>Chironomus sp (vm)</i>	8	34	11	0					Colector-detritivoros	Resistente
			Dytiscidae	<i>Dytiscus marginalis</i>	1	0	1	0					Depredador	Tolerante
		Coleóptera	Elmidae	<i>Stenelmis sp</i>	0	0	1	2					Colector-fragmentador	Tolerante
		Megalópter		<i>Macrelmis sp</i>	0	1	0	3					Colector-fragmentador	Tolerante
		a	Corydalidae	<i>Corydalis sp</i>	0	0	1	2					Depredador	Tolerante
			Hydroptilidae	<i>Hidroptila sp</i>	42	3	0	5					Colectores-raspadores	Tolerante
			Hydropsychidae	<i>Smicridea sp</i>	0	0	3	2					Fragmentador	Tolerante
		Tricóptera	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche sp</i>	0	0	0	1					Depredador	Tolerante
			Polycentropodidae	<i>Polycentropus sp</i>	0	5	19	11					Depredador	Tolerante
			Philopotamidae	<i>Chimarrhodella sp</i>	0	1	0	0					N.I	Tolerante
Mollusca	Gastropoda	Hygrophila	Physidae	<i>Physa acuta</i>	0	0	4	8					Colectores-raspadores	Resistente
			Lumbricidae	<i>Eisenia foetida</i>	0	0	2	0	10	1	9	11	Colectores-	Resistente
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae	<i>Tubifex sp</i>	0	0	17	3	14288	13450	15721	16087	Detritivoros Colectores-Detritivoros	Resistente
3	3	7	19	23	535	427	659	1197	15087	13910	16720	18205	23	23

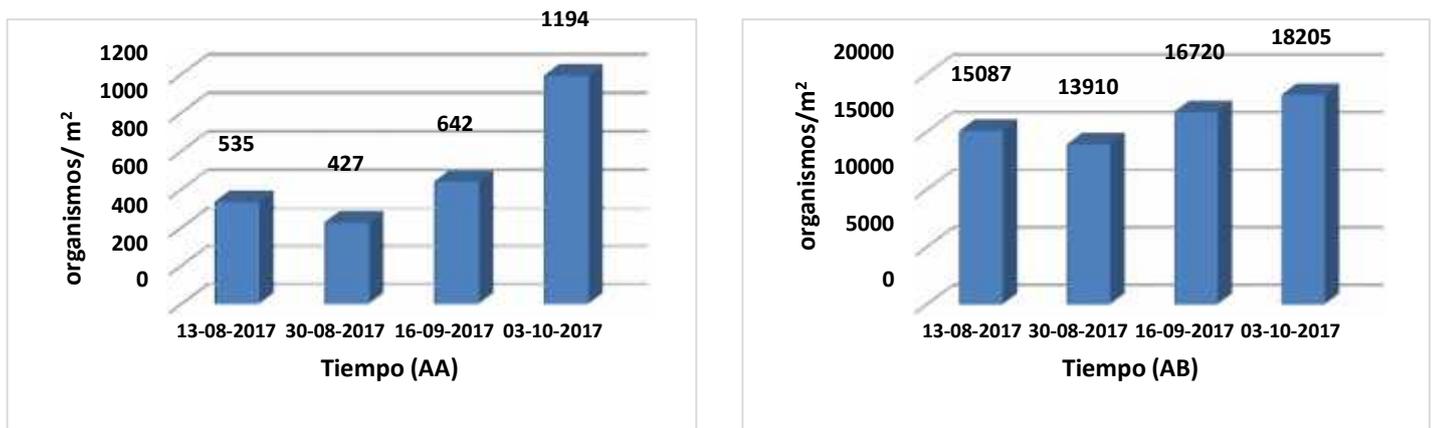
Se determinaron en el sector del río Chotano aguas arriba de su afluente quebrada Colpamayo 3 filum: Artrópodo, mollusca y anélida, 3 clases: Insecta, gastropoda, oligochaeta, 7 ordenes: Efemeróptera, díptera, coléoptera, megalóptera, tricóptera, hygrophila y haplotaxida, con 19 familias: Baetidae, leptohyphidae, simulidae, tupulidae, ceratopogonidae, muscidae, culicidae, chironomidae, elmidae, corydalidae, hydroptilidae, hydropsychidae, hidrobiosidae, polycentropodidae, philopotamidae, physidae, lumbricidae y tubificidae.

Se determinaron en el sector del río Chotano aguas abajo de su afluente quebrada Colpamayo 2 filum: Artrópodo y anélida, 2 clases: Insecta y oligochaeta, 2 ordenes: Díptera y haplotaxida, con 6 familias: Muscidae, Psychodidae, chironomidae, Syrphidae, lumbricidae y tubificidae.

Fueron los macroinvertebrados bentónicos más representativo colectados aguas arriba el filum artrópoda, colectándose entre 427 organismos/m² el 30 de agosto con calidad de agua dudosa moderadamente contaminadas a 1186 organismos/m² el 03 de octubre con una calidad de agua aceptable, y los menos representativos filum anélida entre 3 organismos/m² a 19 organismos/m² y filum molusca entre 4 organismos/ m² a 8 organismos/ m² con una calidad promedio dudosa aguas moderadamente contaminadas según Índice Biótico Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico "BMWP".

Aguas abajo los macroinvertebrados bentónicos más representativo colectados fueron el filum anélida entre 13,451 organismos/m² el 30 de agosto a 16,098 organismos/m² el 03 de octubre con una calidad de agua muy crítica fuertemente contaminadas, según Índice Biótico Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico "BMWP", y menos representativa el filum artrópoda entre 459 organismos/m² el 30 de agosto a 2,107 organismos/m² el 03 de octubre con una calidad de agua promedio muy crítica fuertemente contaminadas.

Figura 23



Total de macroinvertebrados bentónicos colectados en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

En total los macroinvertebrados bentónicos se colectaron aguas arriba 427 organismos/m² el 30 de agosto con una calidad de agua dudosa moderadamente contaminadas a 1,194 organismos/m² el 03 de octubre con una calidad de agua aceptable con evidentes efectos de la contaminación en promedio tuvo una calidad dudosa con aguas moderadamente contaminadas según Índice Biótico Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico "BMWP".

Aguas abajo los macroinvertebrados bentónicos se colectaron un mayor número entre 13,910 organismos/m² el 30 de agosto a 18,205 organismos/m² el 03 de octubre con una calidad de agua promedio muy crítica fuertemente contaminadas según Índice Biótico Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico "BMWP".

3.2.3. Categorías o grupo tróficos de los macroinvertebrados bentónicos

Tabla 19

Comparación de los porcentajes de géneros por grupo trófico en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

Grupo trófico	SECTOR			
	AA	% (AA)	AB	%(AB)
Colectores-Detritívoros	6	26	6	100
Colectores-Filtradores	2	9	0	0
Colectores-Fragmentadores	5	22	0	0
Colectores-Raspadores	4	17	0	0
Depredadores	4	17	0	0
No Identificado	2	9	0	0
Total	23	100	6	100

Se observó que el grupo trófico de los colectores-detritívoros dominó en las dos áreas de estudio con un (26 %) aguas arriba y un 100 % aguas abajo, seguido por los Colectores- fragmentadores (22 %), Colectores - raspadores (17 %), depredadores (17 %) y colectores-filtradores (9 %) aguas arriba, de los cuales 3 géneros estuvieron presentes en ambas áreas que son colector- detritívoro.

Tabla 20

Índices determinados en las familias de macroinvertebrados bentónicos en un Sector del río Chotano aguas arriba y abajo a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

	Sector del río Chotano aguas arriba del afluente quebrada Colpamayo (AA)					Sector del río Chotano aguas abajo del afluente Colpamayo (AB)				
	13/08/2017	30/08/2017	16/09/2017	03/10/2017	Promedio	13/08/2017	30/08/2017	16/09/2017	03/10/2017	Promedio
BMWP	36	57	70	76	59.75	11	9	11	11	10.50
EPT	46.50%	22%	43.70%	70.30%	45.60	0%	0%	0%	0%	0%
<i>Diversidad</i>										
Shannon - Wiener (H')	1.54	1.38	1.33	1.08	1.33	0.28	0.18	0.28	0.48	0.31
Riqueza de Margalef (Dmg)	1.59	2.15	2.77	2.68	2.30	0.52	0.43	0.51	0.51	0.49
Equidad de Pielou (J')	0.64	0.54	0.46	0.37	0.50	0.16	0.11	0.16	0.27	0.18
Dominancia de Berger-Parker (B)	0.21	0.09	0.26	0.45	0.25	0.95	0.97	0.94	0.88	0.94
Dominancia de Simpson ()	0.26	0.37	0.35	0.5	0.37	0.9	0.94	0.89	0.79	0.88

Los índices promedios más altos aguas arriba que aguas abajo en un sector del río Chotano según tabla N° 20 fueron: IBMWP con 60 puntos con calidad de agua dudosa moderadamente contaminadas y 11 calidad muy crítica fuertemente contaminadas, la riqueza total de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) con 45.6 % indica aguas de calidad regular y 0 % indica aguas de mala calidad, la diversidad de Shannon – Wiener 1.33 y 0.30 indica aguas con poca diversidad, la riqueza de Margalef de 2.30 indica que son zonas de mediana diversidad hallándose 23 géneros de macroinvertebrados bentónicos que viven aguas arriba y con puntaje de 0.49 determinándose que son zonas de baja diversidad con 6 géneros aguas abajo, la equidad de Pielou 0.50 indica que son poblaciones más estables y 0.20 menos estables debido a la variación de la cantidad de aguas residuales que se vierten a la quebrada Colpamayo o al río Chotano generando cambios bruscos en la calidad de agua y los índices más bajos aguas arriba que aguas abajo tenemos: la dominancia de Berger-Parker y Simpson con resultados de 0.25 y 0.37 indica que son poblaciones con especies con poca dominancia y mayor diversidad con indicios de polución orgánica y de 0.94 y 0.88 indicando que son poblaciones con especies con alta dominancia y baja diversidad con presencia de alta polución orgánica con alta presencia de coliformes termotolerantes o fecales.

3.2.4. Pruebas de Chi cuadrado

Tabla 21

Prueba de Chi cuadrado de Pearson sobre número de géneros por grupo trófico encontrados en un sector del río Chotano aguas arriba (AA) y abajo (AB) de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

	Valor	Gl	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	14.733	10	0.14
Razón de verosimilitud	16.633	10	0.08
Nº de casos válidos	26		

Ho: El sector del río Chotano aguas arriba (AA) es independiente del sector aguas abajo (AB) según grupo trófico de los macroinvertebrados.

H1: El sector del río Chotano aguas arriba (AA) es dependiente del sector aguas abajo (AB) según grupo trófico de los macroinvertebrados

Regla de decisión para Chi cuadrado

Si $p < 0.05$: entonces se rechaza Ho

La prueba de Chi cuadrado sobre número de géneros por grupo trófico encontrados en el sector aguas arriba (AA) y aguas abajo (AB) en un sector del río Chotano de agosto a octubre año 2017, concluye que existen diferencias significativas entre los dos sectores ($p=0.14 > 0,05$), entonces se acepta la hipótesis nula (Ho) y por tanto hay diferencias significativas entre los Sector AA con las del Sector AB.

3.2.5. Relación de índices biótico “BMWP” y riqueza total EPT (%) con algunos parámetros fisicoquímicos y bacteriológicos

Tabla 22

Relación IBMWP con la turbiedad en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

Sector	Parámetros	Unid.	13-08-17	30-08-17	16-09-17	30-10-17	Prom.	Desv.
Aguas arriba	BMWP AA		36	57	70	76	59.75	15.34
Aguas arriba	Turbiedad AA	NTU	1.02	2.01	1.82	1.56	1.60	0.37
Aguas abajo	BMWP AA		11	9	11	11	10.50	0.87
Aguas abajo	Turbiedad AB	NTU	15.90	20.20	10.50	2.10	12.18	6.76

Comparación de índice de calidad de agua “IBMWP” con el parámetro físico de la turbiedad de un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo.

Al relacionar el Índice biótico “IBMWP” con la turbiedad de los dos sectores se puede observar que en el sector aguas arriba la calidad de agua fue mayor el IBMWP en promedio tuvo 60 puntos que resultó una agua de calidad dudosa con contaminación moderada y una turbiedad promedio baja de 1.60 NTU dentro de los ECAS de agua para consumo humano subcategoría A1 y en el sector aguas abajo el IBMWP fue menor con un promedio de 11 puntos resultó una calidad crítica con aguas muy contaminadas y la turbiedad promedio fue mayor con 12 NTU por encima de los ECAS de agua para consumo humano subcategoría A1, observándose una relación inversa a mayor IBMWP la turbidez disminuye.

Los géneros o especies de macroinvertebrados bentónicos sensibles a la contaminación desaparecen aguas abajo por la alta turbiedad y muy alta presencia de coliformes termotolerantes debido a la alta polución orgánica tuvo en promedio 96,667 NMP/ 100 mL de agosto a octubre muy por encima de ECAS para río y agua para consumo humano subcategoría A1 en relación aguas arriba que tiene una más baja presencia de coliformes termotolerantes en promedio 9,180 NMP/ 100 mL por encima de ECAS para río, si relacionamos el índice biótico con coliformes termotolerantes existe una relación inversa a menor presencia de coliformes termotolerantes o fecales la calidad de agua se incrementa.

Tabla 23

Relación índice de riqueza total EPT (%) con la turbiedad en un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

Sector	Parámetros	Unid.	13/08/2017	30/08/2017	16/09/2017	30/10/2017	Prom.	Desv.
Aguas arriba	EPT (%)		46.50%	22%	43.70%	70.30%	45.60%	0.17
	AA							
Aguas arriba	Turbiedad	NTU	1.02	2.01	1.82	1.56	1.6	0.37
	AA							
Aguas abajo	EPT (%)		0%	0%	0%	0%	0%	0.00
	AB							
Aguas abajo	Turbiedad	NTU	15.9	20.2	10.5	2.1	12.18	6.76
	AB							

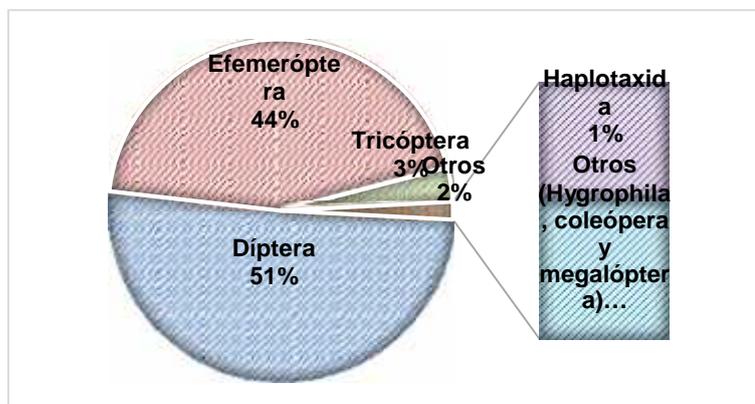
Comparación de índice de calidad de agua “EPT (%)” con el parámetro físico de la turbiedad de un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo.

Al relacionar el Índice de riqueza total de EPT (%) con la turbiedad de los dos sectores se puede observar que en el sector aguas arriba la calidad de agua fue mayor el índice de riqueza total de EPT (%) en promedio tuvo 46 % que resultó una agua de calidad regular y una turbiedad promedio baja de 1.60 NTU dentro de los ECAS de agua para consumo humano subcategoría A1 y en el sector aguas abajo el Índice de riqueza total de EPT (%) fue menor con un promedio de 0 % resultó una calidad mala y la turbiedad promedio fue mayor con 12 NTU por encima de los ECAS de agua para consumo humano subcategoría A1.

Si relacionamos el índice de riqueza total de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) (%) con la turbiedad aguas arriba se puede observar que la turbiedad es un parámetro que influyen en dicha riqueza, disminuyendo estos ordenes Ephemeropteras, Plecopteras y Tricópteras de macroinvertebrados bentónicos cuando la turbiedad aumenta y es un parámetro limitante ya que a turbiedades muy altas como las presentadas aguas abajo debido a la alta polución y alta concentraciones de materia orgánica, elevada presencia de Coliformes termotolerantes con malos olores dichas comunidades de Ephemeropteras y Tricópteras presentes aguas arriba han desaparecido aguas abajo debido a que son poblaciones que viven en aguas con poca presencia de materia orgánica, con aguas de calidad buena y muy buena o aguas limpias no poluidas por contaminación orgánica u otro tipo de contaminantes, con oxígeno disuelto por encima de 6 mg/L.

3.2.6. Porcentaje e individuos por metro cuadrado de género y especie de macroinvertebrados bentónicos del río Chotano

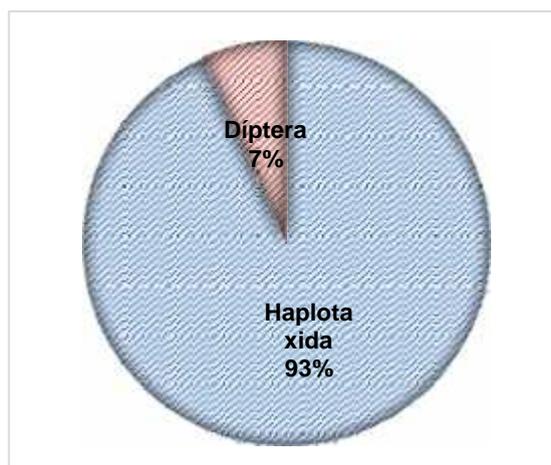
Figura 26



Porcentaje promedio de órdenes de macroinvertebrados más representativas de un sector del río Chotano aguas arriba de su afluente quebrada colpamayo de agosto a octubre del año 2017

Aguas arriba se identificaron los órdenes más representativos como: Díptera con un 51 %, Efemeróptera con 44 % y Tricóptera 3 %, en promedio el 47 % de los órdenes de EPT son macroinvertebrados bentónicos que son muy sensibles a la contaminación orgánica.

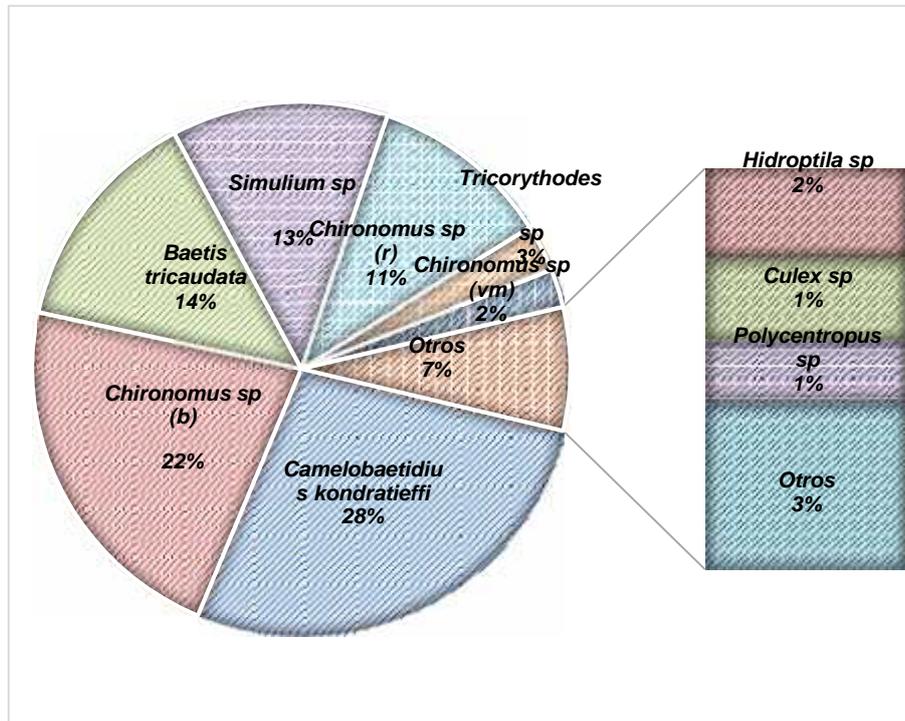
Figura 27



Porcentaje promedio de órdenes de macroinvertebrados más representativas de un sector del río Chotano aguas abajo de afluente quebrada colpamayo de agosto a octubre del año 2017

Según la Figura 27 se identificaron aguas abajo los órdenes más representativos como: Haplontaxia con un 93 % y Díptera 3 % que son macroinvertebrados bentónicos resistentes a la polución orgánica.

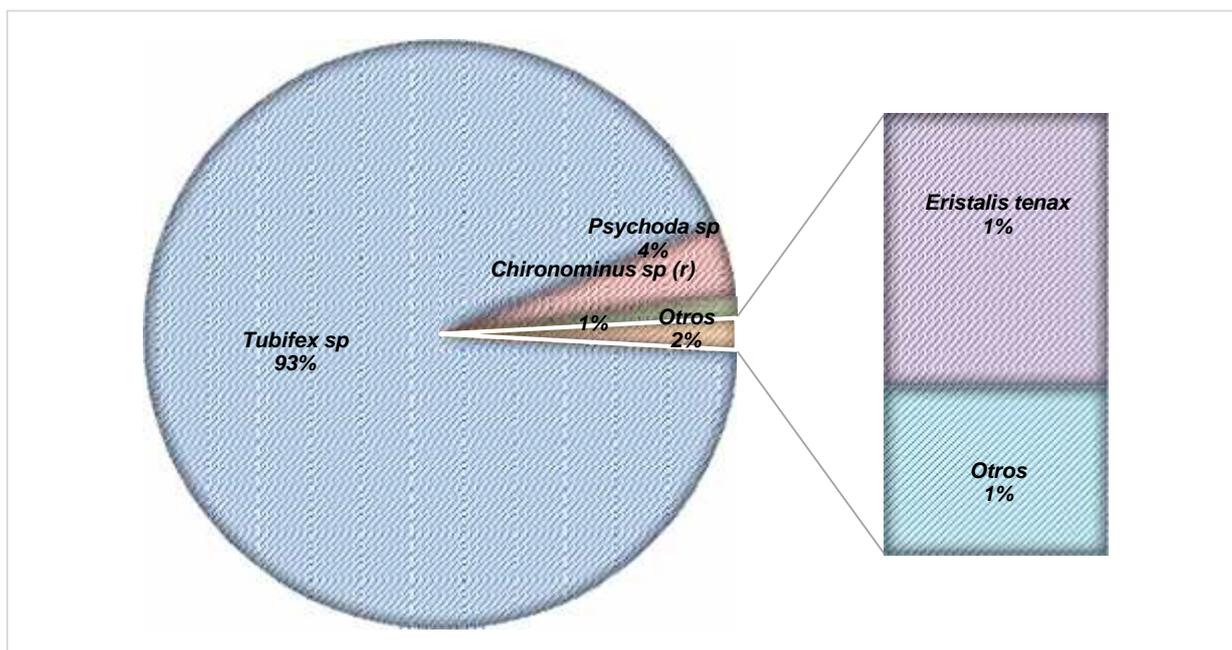
Figura 28



Porcentaje promedio de géneros y especies de macroinvertebrados más representativas de un sector del río Chotano aguas arriba de su afluente quebrada colpamayo de agosto a octubre del año 2017

Según la figura 28 se identificaron aguas arriba los géneros más representativos como: *Chironomus sp* con un 35 %, *Camelobaetidius* 28 %, *Baetis* 14 % y *Simulium* 13 %. Los *Chironomus* que son macroinvertebrados bentónicos resistentes ciertos niveles de polución orgánica se observó dichos organismos en fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición y *Camelobaetidius*, *Baetis* y *Simulium sp* se observaron en aguas donde existe agua corriente que son más limpias y bien oxigenadas debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida.

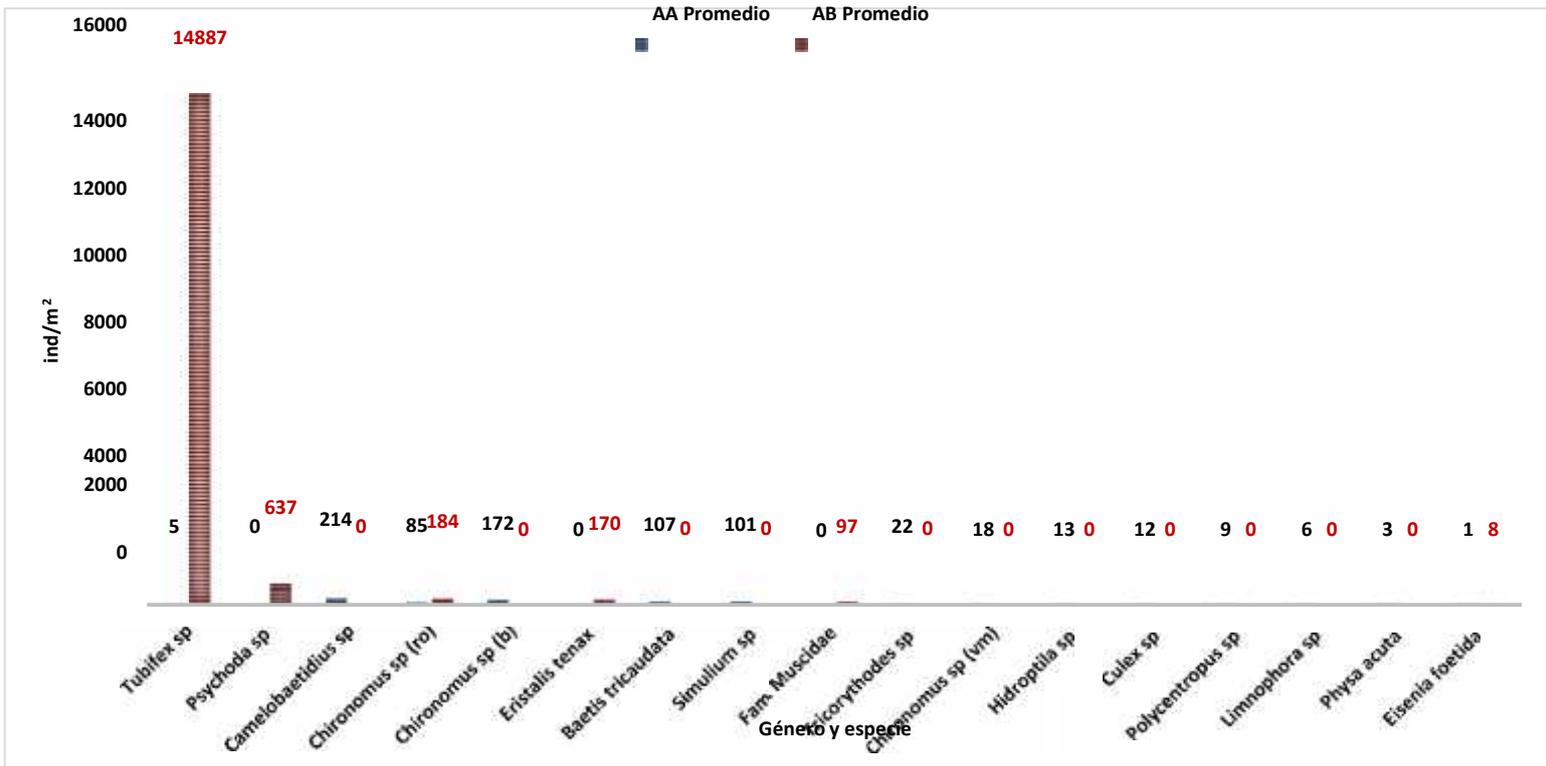
Figura 29



Porcentaje promedio de géneros y especies de macroinvertebrados más representativas del río Chotano aguas abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre del año 2017

Según la figura 29 se identificaron aguas abajo los géneros más representativos como: *Tubifex sp* con un 93 %, *Psychoda sp* 4 % y *Chironomus sp* 1 % que son resistentes a altos niveles de polución orgánica. Los *Chironomus sp (r)* identificados en esta área son macroinvertebrados bentónicos resistentes a alta polución orgánica que viven en lugares con fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, con la presencia de afluencia de descargas líquidas, que afectan las condiciones de calidad física y química del agua; detectándose la presencia de flóculos de materia orgánica, restos de materia vegetal y animal, así como otros tipos de residuos suspendidos en el agua y olores desagradables derivados de la descomposición de éstos, que son aguas con alta polución orgánica.

Figura 30



Individuos por metro cuadrado promedio de géneros y especies de macroinvertebrados del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de Agosto a Octubre año 2017

Se identificaron en el río Chotano aguas arriba los géneros de macroinvertebrados bentónicos más representativos fueron *Camelobaetidius Kondratieffi* con promedio de 214 ind/m² representa 28 % de la población muestreada, seguida con *Chironomus sp (b)* con un promedio de 172 ind/m² que representa un 22 %, *Baetis tricaudata* con un promedio de 107 ind/m² que representa un 14 %, *Simulium sp* con un promedio de 101 ind/m² que representa un 13 %, *Chironomus sp (r)* con un promedio de 85 ind/m² que representa un 11 %.

Aguas abajo de su afluente de la quebrada Colpamayo, teniendo un porcentaje promedio de géneros de macroinvertebrados bentónicos más representativos *Tubifex sp* con promedio de 14,887 ind/m² representa 93 %, seguida con *Psychoda sp* con un promedio de 637 ind/m² que representa un 4 %, *Chironomus sp (r)* con un promedio de 184 ind/m² que representa un 1 %, *Eristalis tenax* con un promedio de 170 ind/m² que representa un 1 %, y otros con 1 %.

Los macroinvertebrados bentónicos identificados en ambas áreas fueron 3 géneros: *Tubifex sp* donde aguas abajo es la especie dominante con alto porcentaje, seguida de *Chironomus sp* (r) y *Eisenia foetida* son organismos que se encontraron en lugares con fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, desarrollándose en donde la polución orgánica es alta.

3.2.7. Prueba de Shapiro Wilk

Tabla 24

Pruebas de normalidad para los parámetros fisicoquímico de la calidad de agua de un sector del río Chotano aguas arriba y debajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

Sector		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	GI	Sig.	Estadístico	GI	Sig.
Turbiedad	Sector AA	0.409	6.000	0.002	0.694	6.000	0.005
	Sector AB	0.193	6.000	0.200*	0.932	6.000	0.595
Conductividad	Sector AA	0.215	6.000	0.200*	0.951	6.000	0.746
	Sector AB	0.395	6.000	0.004	0.668	6.000	0.003
Sólidos Disueltos Totales	Sector AA	0.234	6.000	0.200*	0.954	6.000	0.771
	Sector AB	0.405	6.000	0.003	0.665	6.000	0.003
Ph	Sector AA	0.196	6.000	0.200*	0.902	6.000	0.388
	Sector AB	0.280	6.000	0.155	0.840	6.000	0.131
Temperatura	Sector AA	0.259	6.000	0.200*	0.904	6.000	0.397
	Sector AB	0.239	6.000	0.200*	0.867	6.000	0.216
Oxígeno Disuelto	Sector AA	0.273	6.000	0.184	0.842	6.000	0.136
	Sector AB	0.209	6.000	0.200*	0.913	6.000	0.455
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	Sector AA	0.206	6.000	0.200*	0.886	6.000	0.296
	Sector AB	0.267	6.000	0.200*	0.837	6.000	0.123
Caudal	Sector AA	0.233	6.000	0.200*	0.901	6.000	0.383
	Sector AB	0.235	6.000	0.200*	0.888	6.000	0.310

Hipótesis que se contrasta con la prueba de Shapiro-Wilk, recomendable si las muestras son pequeñas (n<30):

H0: La variable sigue una distribución normal (hipótesis nula).

H1: La variable no sigue una distribución normal (hipótesis alternativa).

Regla de decisión para Prueba de Shapiro - Wilk

Si $p > 0.05$, no se rechaza H_0

Si $p \leq 0.05$, se rechaza H_0

Si $p = 0.13$ a $0.77 > 0.05$, se acepta H_0

Entonces siguen una distribución Normal, por lo cual se realizó un estadístico para pruebas paramétricas.

3.2.8. Prueba de Levene y t student

Tabla 25

Prueba de Levene de igualdad de varianzas y t student de igualdad de medias para muestras independientes para los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua de un sector del río Chotano aguas arriba y debajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

Parámetros		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		Prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	T	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Turbiedad	varianzas iguales	12.82	0.01	-2.60	10.00	0.03	-10.60	4.07	-19.68	-1.53
	varianzas diferentes			-2.60	5.29	0.05	-10.60	4.07	-20.90	-0.30
Conductividad	varianzas iguales	0.58	0.46	-2.11	10.00	0.06	-83.33	39.42	-171.17	4.50
	varianzas diferentes			-2.11	8.51	0.07	-83.33	39.42	-173.29	6.63
Sólidos Disueltos Totales	varianzas iguales	0.54	0.48	-2.12	10.00	0.06	-42.00	19.77	-86.06	2.06
	varianzas diferentes			-2.12	8.58	0.06	-42.00	19.77	-87.07	3.07
pH	varianzas iguales	0.07	0.80	2.28	10.00	0.05	0.36	0.16	0.01	0.71
	varianzas diferentes			2.28	9.90	0.05	0.36	0.16	0.01	0.71

Temperatura	varianzas iguales	0.53	0.48	-2.74	10.00	0.02	-2.09	0.76	-3.80	-0.39
	varianzas diferentes			-2.74	9.84	0.02	-2.09	0.76	-3.80	-0.39
Oxígeno Disuelto	varianzas iguales	0.79	0.40	5.31	10.00	0.00	2.17	0.41	1.26	3.08
	varianzas diferentes			5.31	8.83	0.00	2.17	0.41	1.24	3.09
Porcentaje de saturación OD	varianzas iguales	0.01	0.93	5.57	10.00	0.00	25.92	4.65	15.55	36.29
	varianzas diferentes			5.57	9.92	0.00	25.92	4.65	15.54	36.30
Caudal	varianzas iguales	1.01	0.34	-5.22	10.00	0.00	-41.17	7.89	-58.75	-23.58
	varianzas diferentes			-5.22	8.88	0.00	-41.17	7.89	-59.06	-23.28

Prueba estadística t Student para muestras independientes

Ho: No existe diferencia significativa entre la media del Sector AA y la media del Sector AB ($H_0: \mu_{AA} = \mu_{AB}$).

H1: Existe diferencia significativa entre la media del Sector AA y la media del Sector AB ($H_1: \mu_{AA} \neq \mu_{AB}$).

Regla de decisión para Prueba de Levene

Si $p > 0.05$: entonces suponemos varianzas iguales

Si $p \leq 0.05$: entonces suponemos varianzas distintas

Regla de decisión para t student

Si $p \leq 0.05$: entonces se rechaza H_0

Si $p > 0.05$: entonces se acepta H_0

Intervalo de confianza para la diferencia de medias al 95%, y 0.05 de error.

La tabla 25 el estadístico de Levene para Turbiedad toma el valor $F = 12.82$ y su valor p (significación estadística) toma el valor 0.01 esto nos dice que las

varianzas de las dos muestras son distintas. Entonces solo se tomara en cuenta valor del estadístico t para varianzas diferentes $t = -2.60$ y su valor p es 0,05 indicándonos que las medias son diferentes rechazando H_0 . El intervalo de confianza que comprende la diferencias de medias para poder rechazar la hipótesis nula, y nos dice que la diferencia estará comprendida entre los valores -19.68 y -1.53, y dado que la diferencia entre las dos medias es de -10.60 y este valor se encuentra dentro del intervalo de confianza, también nos permite aceptar que las medias de ambas muestras son estadísticamente diferentes. El signo negativo del estadístico t indica que la Turbiedad es significativamente superior sector AB.

En nuestro caso de la conductividad toma el valor $F = 0.58$ y su valor p (significación estadística) toma el valor 0.46 esto nos dice que se puede asumir el supuesto de igualdad de las varianzas de las dos muestras. Entonces solo se tomara en cuenta valor del estadístico $t = -2.11$ y su valor p es 0,07 indicándonos que las medias son iguales. Pero además nos da el intervalo de confianza que comprende la diferencias de medias para poder aceptar la hipótesis nula, y nos dice que la diferencia estará comprendida entre los valores -171.17 y 4.50, y dado que la diferencia entre las dos medias es de -83.33 y este valor se encuentra dentro del intervalo. El signo negativo del estadístico t indica que la Conductividad es significativamente superior sector AB.

La prueba de Levene en caso de los sólidos disueltos totales con $F = 0.54$, $p = 0.48 > 0.05$, no se rechaza la H_0 , se asumen varianzas iguales, Entonces solo se tomara en cuenta valor del estadístico $t = -2.12$ y su valor p es 0.06 aceptando H_0 , los resultados nos muestran que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las medias de ambos grupos. El signo negativo del estadístico t indica que los sólidos disueltos totales es significativamente superior sector AB.

El test de Levene del pH para analizar la igualdad de varianzas entre los dos grupos, concluye que no existen diferencias significativas entre la variabilidad de dichos grupos ($p = 0.80 > 0,05$), podemos indicar $t = 2.28$, significación $p = 0.05 > 0,05$. Luego se rechaza la hipótesis nula (H_0) y por tanto hay diferencias significativas entre las medias del Sector AA con las del Sector AB.

La prueba de Levene de la Temperatura no es significativa ($p = 0.48$), por lo que asumimos la homogeneidad de varianzas y leemos la t de Student en la fila superior (“se han asumido varianzas iguales”): el estadístico $t = -2.74$ y el valor $p = 0.02 > 0.05$. Conclusión: La media del sector AA y sector AB son estadísticamente diferentes. El signo negativo del estadístico t indica que la Temperatura es significativamente superior sector AB.

El test de Levene oxígeno disuelto para analizar la igualdad de varianzas entre los dos grupos, concluye que no existen diferencias significativas entre la variabilidad de dichos grupos ($p = 0.40 > 0.05$), podemos indicar $t = 5.31$, significación $p = 0.0001 < 0.05$. Luego se rechaza la hipótesis nula (H_0) y por tanto hay diferencias significativas entre las medias del Sector AA con las del Sector AB.

Tabla 26

Prueba de Levene de igualdad de varianzas y t student de igualdad de medias para muestras independientes para los Índices Biológicos de la calidad de agua de un sector del río Chotano aguas arriba y abajo de su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	Gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
IBMWP	Se asumen varianzas iguales	7.84	0.03	5.55	6.00	0.0014	49.25	8.87	27.55	70.95
	No se asumen varianzas iguales			5.55	3.02	0.0113	49.25	8.87	21.13	77.37
DIVERSIDAD	Se asumen varianzas iguales	0.19	0.68	10.66	6.00	0.0000	0.98	0.09	0.75	1.20
	No se asumen varianzas iguales			10.66	5.78	0.0001	0.98	0.09	0.75	1.20
RIQUEZA	Se asumen varianzas iguales	11.61	0.01	6.60	6.00	0.0006	1.81	0.27	1.14	2.47
	No se asumen varianzas iguales			6.60	3.04	0.0068	1.81	0.27	0.94	2.67

EQUIDAD	Se asumen varianzas iguales	1.06	0.34	5.02	6.00	0.0024	0.23	0.04	0.12	0.33
	No se asumen varianzas iguales			5.02	5.00	0.0041	0.23	0.04	0.11	0.34
DOM.BERGER	Se asumen varianzas iguales	2.53	0.16	-8.82	6.00	0.0001	-0.68	0.08	-0.87	-0.49
	No se asumen varianzas iguales			-8.82	3.40	0.0019	-0.68	0.08	-0.91	-0.45
DOM.SIMPSON	Se asumen varianzas iguales	0.29	0.61	-8.66	6.00	0.0001	-0.51	0.06	-0.65	-0.37
	No se asumen varianzas iguales			-8.66	5.12	0.0003	-0.51	0.06	-0.66	-0.36

La tabla 26 el estadístico de Levene para IBMWP toma el valor $F= 7.84$ y su valor p (significación estadística) toma el valor 0.03 esto nos dice que las varianzas de las dos muestras son distintas. Entonces solo se tomara en cuenta valor del estadístico t para varianzas diferentes $t = 5.55$ y su valor p es 0,0113 indicándonos que las medias son diferentes rechazando H_0 . El intervalo de confianza que comprende la diferencias de medias para poder rechazar la hipótesis nula, y nos dice que la diferencia estará comprendida entre los valores 21.13 y 77.37, y dado que la diferencia entre las dos medias es de 49.25 y este valor se encuentra dentro del intervalo de confianza, también nos permite aceptar que las medias de ambas muestras son estadísticamente diferentes. El signo positivo del estadístico t indica que IBMWP no es significativamente superior sector AB.

El test de Levene de la Riqueza para analizar la igualdad de varianzas entre los dos grupos, concluye que existen diferencias significativas entre la variabilidad de dichos grupos ($p=0.010 < 0,05$), podemos indicar $t=6.60$, significación $p=0.0068 < 0,05$. Luego se rechaza la hipótesis nula (H_0) y por tanto hay diferencias significativas entre las medias del Sector AA con las del Sector AB.

La prueba de Levene de la Equidad no es significativa ($p = 0.34$), por lo que asumimos la homogeneidad de varianzas y leemos la t de Student en la fila superior (“se han asumido varianzas iguales”): el estadístico $t = 5.02$ y el valor $p=0.0024 < 0.05$. Conclusión: La media del sector AA y sector AB son estadísticamente diferentes.

La prueba de Levene de la Dominancia Berger-Parker no es significativa ($p = 0.16$), por lo que asumimos la homogeneidad de varianzas y leemos la t de Student en la fila superior (“se han asumido varianzas iguales”): el estadístico $t = -8.82$ y el valor $p = 0.0001 < 0.05$. Conclusión: La media del sector AA y sector AB son estadísticamente diferentes. El signo negativo del estadístico t indica que la Dominancia es significativamente superior sector AB.

3.2.9. Prueba de correlación de Pearson

Tabla 27

Prueba del coeficiente de correlación de Pearson para muestras independientes para determinar relación entre los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua de un sector del río Chotano aguas arriba a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017

		Sólidos				Porcentaje			
Correlación		Turbiedad	Conductividad	Disueltos Totales	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	saturación de oxígeno disuelto	Caudal
de Pearson		1.00	-0.22	-0.23	0.53	-0.40	-0.19	-0.06	0.57
Turbiedad	Sig. (bilateral)		0.68	0.65	0.28	0.43	0.72	0.91	0.24
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Conductividad	Correlación de Pearson	-0.22	1.00	0,998**	-0.25	0.70	-0.71	-0.54	0.32
	Sig. (bilateral)	0.68		0.00	0.63	0.12	0.12	0.26	0.53
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Sólidos Disueltos	Correlación de Pearson	-0.23	0,998**	1.00	-0.29	0.67	-0.66	-0.51	0.29
	Sig. (bilateral)	0.65	0.00		0.58	0.15	0.15	0.30	0.57
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
pH	Correlación de Pearson	0.53	-0.25	-0.29	1.00	0.13	-0.12	-0.08	0.80
	Sig. (bilateral)	0.28	0.63	0.58		0.81	0.82	0.88	0.06
Temperatura									

N
6.00
6.00
6.00
6.00
6.00
6.00
6.00
6.00
6.00
Correlación
0.40
0.70
0.67
0.13
1.00
-0.62
-0.43
0.35 de
Pearson



	Sig. (bilateral)	0.43	0.12	0.15	0.81		0.19	0.40	0.49
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Oxígeno Disuelto	Correlación de Pearson	-0.19	-0.71	-0.66	-0.12	-0.62	1.00	0,883*	-0.52
	Sig. (bilateral)	0.72	0.12	0.15	0.82	0.19		0.02	0.29
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	Correlación de Pearson	-0.06	-0.54	-0.51	-0.08	-0.43	0,883*	1.00	-0.39
	Sig. (bilateral)	0.91	0.26	0.30	0.88	0.40	0.02		0.44
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Caudal	Correlación de Pearson	0.57	0.32	0.29	0.80	0.35	-0.52	-0.39	1.00
	Sig. (bilateral)	0.24	0.53	0.57	0.06	0.49	0.29	0.44	
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Prueba estadística del coeficiente de correlación de Pearson

- H0: No existe relación entre variables sector AA y AB $\rho = 0$
- H1: Existe relación entre variables sector AA y AB $\rho \neq 0$

Regla de decisiones del coeficiente de correlación de Pearson

Si $p < 0.05$ es significativamente la relación entre variables

Si $r > 0$, tiene una relación directa entre variables

Si $r < 0$ tiene una relación inversa entre variables

Si $r = 0$ No hay relación

La interpretación del coeficiente r de Pearson puede variar de -1.00 a +1.00, donde

Tabla 28

Correlación positiva y negativa de Pearson

Correlación positiva perfecta ("A mayor X, menor Y", de manera proporcional. Es decir, cada vez que X	
+ 1.00	aumenta una unidad. Y disminuye siempre una cantidad constante). Esto también se aplica "a menor X, mayor Y"
+ 0.90	Correlación positiva muy fuerte
+ 0.75	Correlación positiva considerable
+ 0.50	Correlación positiva media
+ 0.25	Correlación positiva débil
+ 0.10	Correlación positiva muy débil
0.00	No existe correlación alguna entre variables
-0.10	Correlación negativa muy débil
-0.25	Correlación negativa débil
-0.50	Correlación negativa media
-0.75	Correlación negativa considerable
-0.90	Correlación negativa muy fuerte
-1.00	Correlación negativa perfecta ("A mayor X, menor Y", de manera proporcional. Es decir, cada vez que X aumenta una unidad. Y disminuye siempre una cantidad constante). Esto también se aplica "a menor X, mayor Y"

La prueba estadística del coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre dos parámetros, concluye que existe una correlación positiva muy fuerte entre la conductividad y los sólidos disueltos totales con un $r = 0.998$ con un nivel de relación significativamente fuerte ($p = 0.00001 < 0,05$), rechazando la hipótesis nula (H_0), entonces existe una relación entre conductividad y sólidos disueltos totales aceptando la hipótesis alterna (H_1) es decir a una mayor la concentración de los sólidos disueltos totales mayor será la conductividad.

Existe una correlación positiva considerable que es directamente proporcional en el sector aguas arriba entre conductividad y temperatura con un $r = 0.70$ siendo no significativa ($p = 0.12 > 0.05$) es decir la conductividad es alta dependiente de la temperatura y aumenta con la temperatura.

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre conductividad y oxígeno disuelto con

un $r = -0.71$ siendo no significativa ($p=0.12>0.05$), es decir al incrementarse la conductividad disminuye el oxígeno disuelto.

Existe una correlación positiva considerable que es directamente proporcional en el sector aguas arriba entre SDT y temperatura con un $r = 0.67$ siendo no significativa ($p=0.15>0.05$).

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre SDT y oxígeno disuelto con un $r = -0.66$ siendo no significativa ($p=0.15>0.05$), es decir al incrementarse los sólidos disueltos totales disminuye el oxígeno disuelto.

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre temperatura y oxígeno disuelto con un $r = -0.62$ siendo no significativa ($p=0.19>0.05$), a temperaturas más bajas como en los ríos de la sierra que a mayor altura sus temperaturas son más bajas y las concentraciones de oxígeno son mayores porque el oxígeno atmosférico tiene mayor capacidad de disolución en aguas frías.

Tabla 29

Prueba del coeficiente de correlación de Pearson para muestras independientes para determinar relación entre los parámetros fisicoquímicos de la calidad de agua de un sector del río Chotano aguas abajo a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017

		Turbiedad	Conductividad	Sólidos Disueltos Totales	pH	Temperatura	Oxígeno Disuelto	Porcentaje saturación de oxígeno disuelto	Caudal
Turbiedad	Correlación	1.00	0.11	0.09	0.72	0.895*	-0.883*	-0.89	0.887*
	de Pearson								
	Sig. (bilateral)		0.83	0.86	0.10	0.02	0.02	0.02	0.02
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Conductividad	Correlación	0.11	1.00	0.999**	-0.05	0.42	-0.51	-0.41	0.34
	de Pearson								
	Sig. (bilateral)	0.83		0.00	0.92	0.40	0.30	0.41	0.50
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

Sólidos Disueltos Totales	Correlación de Pearson	0.09	0,999**	1.00	-0.07	0.40	-0.49	-0.39	0.32
	Sig. (bilateral)	0.86	0.00		0.89	0.43	0.33	0.44	0.53
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
pH	Correlación de Pearson	0.72	-0.05	-0.07	1.00	0.40	-0.48	-0.44	0,862*
	Sig. (bilateral)	0.10	0.92	0.89		0.43	0.33	0.38	0.03
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Temperatura	Correlación de Pearson	0,895*	0.42	0.40	0.40	1.00	-0,975**	-0,974**	0.76
	Sig. (bilateral)	0.02	0.40	0.43	0.43		0.00	0.00	0.08
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Oxígeno Disuelto	Correlación de Pearson	-0,883*	-0.51	-0.49	-0.48	-0,975**	1.00	0,989**	-0,834*
	Sig. (bilateral)	0.02	0.30	0.33	0.33	0.00		0.00	0.04
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto	Correlación de Pearson	-0,889*	-0.41	-0.39	-0.44	-0,974**	0,989**	1.00	-0.79
	Sig. (bilateral)	0.02	0.41	0.44	0.38	0.00	0.00		0.06
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
Caudal	Correlación de Pearson	0,887*	0.34	0.32	0,862*	0.76	-0,834*	-0.79	1.00
	Sig. (bilateral)	0.02	0.50	0.53	0.03	0.08	0.04	0.06	
	N	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00

La prueba estadística del coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre dos parámetros, concluye que existe una correlación negativa muy fuerte aguas abajo entre la turbiedad y oxígeno disuelto totales con un $r = -0.88$ con un nivel de relación significativamente considerable ($p = 0.02 < 0.05$), rechazando la hipótesis nula (H_0), existe una relación entre la turbiedad y oxígeno disuelto aceptando la hipótesis alterna (H_1) es decir una alta turbiedad produce una disminución de oxígeno disuelto.

Existe una correlación positiva muy fuerte aguas abajo entre la conductividad y los sólidos disueltos totales con un $r= 0.998$ con un nivel de relación

significativamente fuerte ($p=0.000001 < 0.05$), rechazando la hipótesis nula (H_0), existe una relación entre conductividad y sólidos disueltos totales aceptando la hipótesis alterna (H_1) es decir a una mayor la concentración de los sólidos disueltos totales mayor será la conductividad.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre temperatura y oxígeno disuelto con un $r = -0.975$ siendo significativa ($p=0.001 < 0.05$), a temperaturas más bajas las concentraciones de oxígeno son mayores porque el oxígeno atmosférico tiene mayor capacidad de disolución en aguas frías.

Tabla 30

Prueba del coeficiente de correlación de Pearson para determinar relación entre los diferentes índices hallados a través de los macroinvertebrados bentónicos de un sector del río Chotano aguas arriba a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

		BMWP	DIVERSIDAD	RIQUEZA	EQUIDAD	DOM.BERGER	DOM.SIMPSON
BMWP	Correlación de Pearson	1.0	-0.7	0.98	-0.98	0.6	0.86
	Sig. (bilateral)		0.3	0.024	0.023	0.4	0.14
	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
DIVERSIDAD	Correlación de Pearson	-0.7	1.0	-0.6	0.8	-0.93	-0.88
	Sig. (bilateral)	0.3		0.4	0.2	0.07	0.12
	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
RIQUEZA	Correlación de Pearson	,976*	-0.6	1.0	-0.92	0.5	0.7
	Sig. (bilateral)	0.0	0.4		0.08	0.5	0.3
	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
EQUIDAD	Correlación de Pearson	-,977*	0.8	-0.9	1.0	-0.7	-0.93
	Sig. (bilateral)	0.0	0.2	0.1		0.3	0.07
	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
DOM.BERGER	Correlación de Pearson	0.6	-0.9	0.5	-0.7	1.0	0.7
	Sig. (bilateral)	0.4	0.1	0.5	0.3		0.3
	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

DOM.SIMPSON	Correlación de Pearson	0.9	-0.9	0.7	-0.9	0.7	1.0
	Sig. (bilateral)	0.1	0.1	0.3	0.1	0.3	
	N	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0

La prueba estadística del coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre dos índices hallados a través de los macroinvertebrados bentónicos, concluye que existe una correlación positiva muy fuerte aguas arriba entre el índice biótico BMWP con el índice de riqueza de Margalef un $r = 0.976$ con un nivel de relación significativamente fuerte ($p = 0.02 < 0.05$), rechazando la hipótesis nula (H_0), existe una relación el índice biótico BMWP con el índice de riqueza de Margalef aceptando la hipótesis alterna (H_1), es decir si la calidad de agua se incrementa entonces la riqueza de los macroinvertebrados bentónicos se incrementa.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre el índice biótico BMWP con el índice de equidad de Pielou un $r = -0.977$ siendo significativamente fuerte ($p = 0.02 < 0.05$) es decir al incrementarse la calidad de agua entonces disminuye la equidad.

Existe una correlación positiva muy fuerte que es directamente proporcional en el sector aguas arriba entre el índice biótico BMWP con el índice de dominancia de Simpson un $r = 0.859$ siendo no significativa ($p = 0.141 > 0.05$), es decir al incrementarse la calidad de agua entonces incrementa la dominancia.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre el índice de diversidad de con índice dominancia de Berger-Parker con un $r = -0.93$ siendo no significativa ($p = 0.07 > 0.05$), es decir al incrementarse la diversidad de especies entonces disminuye la dominancia.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre el índice de riqueza con índice de equidad de Pielou un $r = -0.92$ siendo no significativa ($p = 0.08 > 0.05$) es decir al incrementarse la riqueza entonces disminuye la equidad.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas arriba entre el índice de equidad de Pielou con índice de

dominancia de Simpson un $r = -0.93$ siendo no significativa ($p=0.07 > 0.05$) es decir al incrementarse la equidad entonces disminuye la dominancia.

Tabla 31

Prueba del coeficiente de correlación de Pearson para determinar relación entre los diferentes índices hallados a través de los macroinvertebrados bentónicos de un sector del río Chotano aguas abajo a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

		BMWP	DIVERSIDAD	RIQUEZA	EQUIDAD	DOM.BERGER	DOM.SIMPSON
BMWP	Correlación de Pearson	1.0	0.6	0.99	0.6	-0.6	-0.6
				Sig. (bilateral)			
				N		4.0	
DIVERSIDAD	Correlación de Pearson				0.6	0.6	
				Sig. (bilateral)		0.4	
				N		4.0	
RIQUEZA	Correlación de Pearson				,994**		
				Sig. (bilateral)		0.0	
				N		4.0	
EQUIDAD	Correlación de Pearson					0.6	
				Sig. (bilateral)		0.4	
				N		4.0	
DOM.BERGER	Correlación de Pearson					-0.6	
				Sig. (bilateral)		0.4	
				N		4.0	
DOM.SIMPSON	Correlación de Pearson					-0.6	
				Sig. (bilateral)		0.4	
				N		4.0	

La prueba estadística del coeficiente de correlación de Pearson para analizar la relación entre dos índices hallados a través de los macroinvertebrados bentónicos, concluye que existe una correlación positiva muy fuerte aguas abajo entre el índice biótico BMWP con el índice de riqueza de Margalef un $r = 0.99$ con un nivel de relación significativamente fuerte ($p=0.006 < 0.05$), rechazando la hipótesis nula (H_0), existe una relación entre el índice biótico BMWP con el índice de riqueza de Margalef aceptando la hipótesis alterna (H_1) es decir si la calidad de agua se incrementa entonces la riqueza de los macroinvertebrados bentónicos se incrementa.

Existe una correlación positiva muy fuerte que es directamente proporcional en el sector aguas abajo entre el índice de diversidad Shannon – Wiener con el índice de equidad de Pielou con un $r = 1.00$ siendo significativamente fuerte ($p=0.0001 < 0.05$) es decir si la diversidad se incrementa entonces se incrementa la equidad de los macroinvertebrados bentónicos.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre el índice de diversidad Shannon – Wiener con el índice de dominancia de Berger-Parker con un $r = -0.99$ siendo significativamente fuerte ($p=0.0001 < 0.05$) es decir si la diversidad se incrementa entonces la dominancia de los macroinvertebrados bentónicos se incrementa.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre el índice de diversidad de con índice dominancia de Berger-Parker con un $r = -0.99$ siendo significativamente fuerte ($p=0.006 < 0.05$) es decir si la diversidad se incrementa entonces disminuye la dominancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre con el índice de diversidad con índice dominancia de Simpson con un $r = -0.997$ siendo significativamente fuerte ($p=0.003 < 0.05$) es decir si la diversidad se incrementa entonces disminuye la dominancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre el índice de equidad de Pielou con índice de dominancia de Simpson un $r = -0.997$ siendo significativamente fuerte ($p=0.003 < 0.05$) es decir si la equidad se incrementa entonces disminuye la dominancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre el índice de equidad de Pielou con índice de dominancia de Berger-Parker un $r = -0.99$ siendo significativamente fuerte ($p=0.006 < 0.05$) es decir si la equidad se incrementa entonces disminuye la dominancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre el índice de dominancia de Berger-Parker con el índice de dominancia de Simpson un $r = -0.999$ siendo significativamente fuerte ($p=0.001$ 0.05) es decir si se incrementa la equidad de Berger se entonces disminuye la dominancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Tabla 32

Prueba del coeficiente de correlación de Pearson para determinar relación entre la calidad de agua a través de análisis fisicoquímico e índices biológicos hallados a través de los macroinvertebrados bentónicos de un sector del río Chotano aguas arriba a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

		BMWP	DIVERSIDAD	RIQUEZA	EQUIDAD	DOM.BERGER	DOM.SIMPSON
	Correlación de	0.62	0.04	0.62	-0.48	-0.25	0.42
TURBIEDAD	Pearson						
	Sig. (bilateral)	0.38	0.96	0.38	0.52	0.75	0.58
	N	4	4	4	4	4	4
CONDUCTIVIDAD	Correlación de	-0.51	-0.14	-0.50	0.36	0.37	-0.35
	Pearson						
	Sig. (bilateral)	0.49	0.86	0.50	0.64	0.63	0.65
	N	4	4	4	4	4	4
STD	Correlación de	-0.51	-0.13	-0.49	0.36	0.37	-0.36
	Pearson						
	Sig. (bilateral)	0.49	0.87	0.51	0.64	0.63	0.64
	N	4	4	4	4	4	4
pH	Correlación de	-0.65	0.88	-0.63	0.76	-0.99	-0.64
	Pearson						
	Sig. (bilateral)	0.35	0.12	0.37	0.24	0.01	0.36
	N	4	4	4	4	4	4
TEMPERATURA	Correlación de	-0.78	0.19	-0.76	0.67	0.02	-0.61
	Pearson						
	Sig. (bilateral)	0.22	0.81	0.24	0.33	0.98	0.39
	N	4	4	4	4	4	4
%SATURACIÓN	Correlación de	0.38	0.41	0.50	-0.18	-0.44	-0.03
	Pearson						
DE OD	Sig. (bilateral)	0.62	0.59	0.50	0.82	0.56	0.97
	N	4	4	4	4	4	4
OD	Correlación de	0.37	0.36	0.55	-0.18	-0.25	-0.14
	Pearson						
	Sig. (bilateral)	0.63	0.64	0.45	0.82	0.75	0.86

N

4

4

4

4

4

4

CAUDAL	Correlación de Pearson	-1.00	0.71	-0.97	0.99	-0.64	-0.87
	Sig. (bilateral)	0.00	0.29	0.03	0.02	0.36	0.13
	N	4	4	4	4	4	4

Existe una correlación positiva considerable que es directamente proporcional en el sector aguas arriba entre la turbiedad con un promedio (2.33 UNT) con IBMWP con un $r = 0.62$ siendo no significativamente ($p=0.35 > 0.05$) es decir si la turbiedad se incrementa entonces aumenta el IBMWP y el índice de riqueza.

Existe una correlación positiva débil que es directamente proporcional aguas abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (7.62 mg/L) con IBMWP con un $r = 0.37$ siendo no significativamente ($p=0.63 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces aumenta el IBMWP.

Existe una correlación positiva media que es directamente proporcional aguas abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (7.62 mg/L) con la riqueza con un $r = 0.50$ siendo no significativamente ($p=0. >0 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces aumenta la riqueza.

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional aguas arriba entre el pH con un promedio (8.52) con IBMWP con un $r = - 0.65$ siendo no significativamente ($p=0.38 > 0.05$) es decir pH se incrementa disminuye el IBMWP.

Existe una correlación positiva considerable que es directamente proporcional aguas arriba entre el pH con un promedio (8.52) con la diversidad (H) con un $r = 0.88$ siendo no significativamente ($p=0.12 > 0.05$) es decir pH se incrementa la diversidad.

Existe una correlación positiva considerable que es directamente proporcional aguas arriba entre el pH con un promedio (8.52) con la equidad con un $r = 0.76$ siendo no significativamente ($p=0.24 > 0.05$) es decir pH se incrementa la equidad.

Existe una correlación positiva considerable que es directamente proporcional aguas arriba entre el pH con un promedio (8.52) con la equidad con un $r = 0.76$ siendo no significativamente ($p=0.24 > 0.05$) es decir pH se incrementa la equidad.

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional aguas arriba entre el pH con un promedio (8.52) con la dominancia de Berger-Parker con un $r = -0.99$ siendo significativamente ($p=0.01 < 0.05$) es decir pH se incrementa disminuye la dominancia de Berger-Parker.

Tabla 33

Prueba del coeficiente de correlación de Pearson para determinar relación entre la calidad de agua a través de análisis fisicoquímico e índices biológicos hallados a través de los macroinvertebrados bentónicos en un sector del río Chotano aguas abajo a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

	Correlación	BMWP	DIVERSIDAD	RIQUEZA	EQUIDAD	DOM.BERGER	DOM.SIMPSON
TURBIEDAD	de Pearson	-0.69	-0.94	-0.62	-0.95	0.97	0.97
	Sig. (bilateral)	0.31	0.06	0.38	0.05	0.03	0.03
	N	4	4	4	4	4	4
CONDUCTIVIDAD	Correlación de Pearson	0.27	-0.22	0.37	-0.21	0.30	0.25
	Sig. (bilateral)	0.73	0.78	0.63	0.79	0.70	0.75
	N	4	4	4	4	4	4
STD	Correlación de Pearson	0.28	-0.23	0.38	-0.22	0.30	0.25
	Sig. (bilateral)	0.72	0.77	0.62	0.78	0.70	0.75
	N	4	4	4	4	4	4
pH	Correlación de Pearson	-0.24	-0.15	-0.14	-0.16	0.26	0.23
	Sig. (bilateral)	0.76	0.85	0.86	0.84	0.74	0.77
	N	4	4	4	4	4	4
TEMPERATURA	Correlación de Pearson	-0.56	-0.94	-0.48	-0.94	0.97	0.96
	Sig. (bilateral)	0.44	0.06	0.52	0.06	0.03	0.04
	N	4	4	4	4	4	4
%SATURACIÓN DE OD	Correlación de Pearson	0.30	0.84	0.21	0.83	-0.88	-0.85
	Sig. (bilateral)	0.70	0.16	0.79	0.17	0.12	0.15
	N	4	4	4	4	4	4

	N	4	4	4	4	4	4
OD	Correlación de Pearson	0.33	0.92	0.25	0.91	-0.94	-0.92
	Sig. (bilateral)	0.67	0.08	0.75	0.09	0.06	0.08
	N	4	4	4	4	4	4
CAUDAL	Correlación de Pearson	-0.14	-0.59	-0.03	-0.59	0.66	0.63
	Sig. (bilateral)	0.86	0.41	0.97	0.41	0.34	0.37
	N	4	4	4	4	4	4

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional en el sector aguas abajo entre la turbiedad con un promedio (12.94 UNT) con IBMWP con un $r = -0.69$ siendo no significativamente ($p=0.31 > 0.05$) es decir si la turbiedad se incrementa entonces disminuye el IBMWP.

Existe una correlación positiva débil que es directamente proporcional aguas abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (5.46 mg/L) con IBMWP con un $r = 0.33$ siendo no significativamente ($p=0.67 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces aumenta el IBMWP.

Existe una correlación positiva muy fuerte que es directamente proporcional aguas abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (5.46 mg/L) con la diversidad (H) con un $r = 0.92$ siendo no significativamente ($p=0.08 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces aumenta la diversidad (H).

Existe una correlación positiva muy fuerte que es directamente proporcional aguas abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (5.46 mg/L) con la equidad con un $r = 0.91$ siendo no significativamente ($p=0.09 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces aumenta la equidad.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (5.46 mg/L) con la dominancia de Berger-Parker con un $r = -0.94$ siendo no significativamente ($p=0.06 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces disminuye la dominancia de Berger-Parker.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional aguas abajo entre la oxígeno disuelto con un promedio (5.46 mg/L) con la dominancia de Simpson con un $r = -0.92$ siendo no significativamente ($p=0.08 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces disminuye la dominancia de Simpson.

Existe una correlación negativa fuerte que es inversamente proporcional aguas abajo entre la turbiedad con un promedio (12.94 UNT) con la diversidad con un $r = -0.94$ siendo no significativamente ($p=0.06 > 0.05$) es decir si la turbiedad se incrementa entonces disminuye la diversidad.

Existe una correlación negativa considerable que es inversamente proporcional aguas abajo entre la turbiedad con un promedio (12.94 UNT) con la riqueza con un $r = -0.62$ siendo no significativamente ($p=0.38 > 0.05$) es decir si la turbiedad se incrementa entonces disminuye la riqueza.

Existe una correlación positiva fuerte que es directamente proporcional aguas abajo entre la turbiedad con un promedio (12.94 UNT) con la dominancia de Berger-Parker y Dominancia de Simpson con un $r = 0.97$ siendo significativamente ($p=0.03 < 0.05$) es decir si la turbiedad se incrementa entonces se incrementa la dominancia.

Existe una correlación negativa media que es inversamente proporcional aguas abajo entre la temperatura con un promedio (18.46 ° C) con la IBMWP con un $r = -0.56$ siendo no significativamente ($p=0.44 > 0.05$) es decir si el oxígeno disuelto se incrementa entonces aumenta la equidad.

Existe una correlación negativa muy fuerte que es inversamente proporcional aguas abajo entre la temperatura con un promedio (18.46 ° C) con la diversidad y equidad con un $r = -0.94$ siendo no significativamente ($p=0.06 > 0.05$) es decir si la temperatura se incrementa entonces disminuye la diversidad o equidad.

Existe una correlación positiva muy fuerte que es directamente proporcional en el sector aguas abajo entre la temperatura con un promedio (18.46 ° C) con la dominancia de Berger-Parker con un $r = 0.97$ siendo significativamente ($p=0.03 < 0.05$) es decir si la temperatura se incrementa entonces se incrementa la dominancia de Berger-Parker.

Existe una correlación positiva muy fuerte que es directamente proporcional en el sector aguas abajo entre la temperatura con un promedio (18.46 ° C) con la dominancia de Simpson con un $r = 0.96$ siendo significativamente ($p=0.04 < 0.05$) es decir si la temperatura se incrementa entonces se incrementa la dominancia de Simpson.

3.3. Contrastación de la hipótesis con los resultados

Hi: Los macroinvertebrados bentónicos permiten determinar niveles de contaminación orgánica en el río.

Ho: Los macroinvertebrados bentónicos no permiten determinar niveles de contaminación orgánica en el río.

El IBMWP presentó una correlación de Pearson positiva con la riqueza de Margalef aguas arriba y abajo significativamente ($p < 0.05$) y la diversidad presentó una correlación positiva con la equidad y negativa con la dominancia significativamente aguas abajo y no significativa ($p > 0.05$) aguas arriba y la equidad presentó una correlación negativa con la dominancia significativamente muy fuerte aguas abajo y no significativa aguas arriba.

El índice de riqueza total EPT (%) aguas arriba entre 45.63 % considerándose aguas de calidad regular y aguas abajo con resultados de 0% considerándose aguas de mala calidad.

El índice de diversidad de Shannon – Wiener aguas arriba con resultados mayores con 1.33 y aguas abajo con 0.31 aguas con poca diversidad.

La prueba de Chi cuadrado sobre número de géneros por grupo trófico encontrados en el sector aguas arriba (AA) y aguas abajo (AB) y en ambos sectores de su afluente quebrada Colpamayo en el río Chotano concluye que existen diferencias significativas entre los dos sectores ($p=0.14 > 0,05$).

Se acepta la **Hi:** Los macroinvertebrados bentónicos permiten determinar niveles de contaminación orgánica en el río.

IV. DISCUSIÓN

1.- Los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos en un sector del río Chotano se determinó que la concentración del oxígeno disuelto promedio aguas arriba fue de 7.62 mg/L y aguas abajo fue 5.46 mg/L con una saturación de oxígeno disuelto promedio aguas arriba de 103.7 % y aguas abajo de 77.25 %; la turbiedad en promedio aguas arriba fue de 2.33 UNT y aguas abajo 12.94 UNT y los coliformes termotolerantes promedio aguas arriba fue de 9, 180 NMP/100 mL y aguas abajo 96, 667 NMP/100 mL; concordante con los estudios realizados por (RESENDE et al., 2010) en el río Ul, donde las aguas más polucionadas por materia orgánica de alcantarillas presentan altos valores de coliformes fecales y altas turbiedades y % OD más bajos y las aguas de mayor calidad tuvieron coliformes fecales y turbiedades bajas y % OD más altos y concordantes con la calidad de agua promedio dudosa del río Chotano aguas arriba según (RODRIGUEZ et al., 2016) en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana con una calidad de agua buena poco alterada y calidad dudosa moderadamente contaminada con oxígeno disuelto en promedio 7.9 mg/L y 7.4 mg/L.

2.- En cuanto a los órdenes de macroinvertebrados determinados aguas arriba moderadamente contaminada siendo los órdenes más representativos Díptera, Ephemeroptera y Tricoptera concordante con los estudios de (VÁSQUEZ y MEDINA, 2014 y CUSTODIO y CHANAMÉ, 2016) donde las familias más representativas fueron los órdenes Díptera con la clase insecta y Ephemeroptera en aguas poco impactadas, además concordante con la calidad aguas abajo aguas fuertemente contaminadas en un sector del río Chotano con la presencia del orden díptera de la familia Chiromomidae; y concordante con la calidad aguas debajo de un sector del río Chotano que están siendo más impactadas por los desagües y camales que arrojan sus aguas sin tratar con los estudios en Portugal por (RESENDE et al., 2010) donde la calidad del agua en el río Ul varió su calidad entre moderado a malo o incluso muy malo, donde áreas de las partes altas a poblaciones tienen una calidad de agua mayor y zonas cercanas a poblaciones están siendo impactadas por la actividad humana con una calidad de agua muy crítica donde los taxones más comunes hallados fueron Baetidae, Chironomidae y Oligochaeta.

3.- La determinación del IBMWP en un sector del río Chotano aguas arriba tuvo en promedio 60 puntos con una calidad de agua dudosa moderadamente contaminada, siendo los órdenes más representativos Díptera (51 %), Ephemeroptera (44 %) y Tricoptera (3%) y aguas abajo con 11 puntos aguas de calidad muy crítica fuertemente contaminadas, siendo los órdenes más representativos Haplotaxida (93%) y Diptera (7%), este índice fue concordante aguas arriba con los estudios realizados por (RODRÍGUEZ et al., 2016) donde el IBMWP-CR en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana tuvo uno de los valores promedios de 42 puntos agua de calidad dudosa, siendo los órdenes más representativos: Díptera familia Chironomidae, Ephemeroptera y Haplotaxida o clase Oligochaeta familia tubificidea y no concordante con promedios de 117 puntos agua de calidad buena siendo los órdenes más representativos: Ephemeroptera y Tricoptera Indicador de buena calidad de agua, además concordante con los estudios realizados por (TRAMA, 2014) en las cuencas bajas del río Piura a excepción de la calidad de agua en la entrada (grupo control) con un índice de calidad BMWP-Col determinándose agua de calidad aceptable, pero concordante con el agua en el drenaje y del canal que va al manglar con una calidad dudosa y crítica, las parcelas de arroz estuvo dominada por dos especies de moluscos como: *Melanoides tuberculatus*, *Physidae* sp. y chironómidos, los cuales tienen una alta resistencia a la contaminación según el índice BMWP-Col.

4.- La determinación de la calidad de agua según el indicador de %EPT aguas arriba y debajo de un sector del río Chotano se determinaron como promedio de 45.6 % a 0 % interpretándose aguas de calidad regular a mala calidad, en aguas de calidad regular hubo la presencia de macroinvertebrados bentónicos de los grupos Ephemeroptera y Tricoptera que son indicadores de bajos impacto antrópico concordante con los estudios realizados por (RODRIGUEZ et al., 2016 y BERNARDO et al., 2017), donde órdenes más representativos fueron: Díptera familia Chironomidae, Ephemeroptera y Haplotaxida o clase Oligochaeta familia tubificidea.

5.- Los estudios realizados aguas arriba en un sector del río Chotano tuvo una diversidad (H) promedio de 1.33 y aguas abajo 0.31 aguas con poca diversidad esto concuerda con (RESENDE et al., 2010) con valores muy parecidos con una

diversidad (H) de 0.68 a 1.45 aguas con poca diversidad y (FIERRO et al., 2015) sólo son concordantes en algunos resultados con la diversidad aguas arriba del río Chotano, pero en cuanto a su diversidad promedio no concuerdan porque su diversidad varió entre 1.21 y 2.82 que en promedio son aguas de mediana diversidad.

6.- En cuanto a la Dominancia de Berger-Parker y Simpson sólo aguas abajo del río Chotano presentaron taxones dominantes (valores mayores que 0.55) con un promedio de 0.94 a 0.88 y aguas arriba del río Chotano hubo poca presencia de taxones dominantes con un promedio de 0.25 a 0.37, concordantes con los estudios realizados en 10 estaciones por (FIERRO et al., 2015) 7 presentaron taxones dominantes y 3 mostraron valores menores a 0.55.

7.- Los estudios de grupo funcional de alimentación los más representativos aguas arriba fueron los colectores-detritívoros con 7 taxones representa el 26 % y aguas abajo con 6 taxones 100%, concordante con los estudios realizados por (FIERRO et al., 2015) donde el grupo funcional más representativo colectores-detritívoros fueron 31 taxones representa el 29.8 %.

8.- La prueba de Chi cuadrado sobre el número de géneros por grupo trófico encontrados en el sector aguas arriba (AA) y aguas abajo (AB) de un sector del río Chotano existen diferencias significativas entre los dos sectores ($p=0.14 > 0,05$) y 10 GDL, debido a aguas abajo han desaparecidos en esas zonas esos grupos tróficos como: Colectores- fragmentadores, Colectores - raspadores, depredadores y colectores-filtradores, esto estudios no son concordantes con los estudios realizados por (MEZA, DIAS y WALTERNOS, 2012) donde en el análisis de los grupos tróficos por medio de la tabla de contingencia y χ^2 se observó que con un alpha de 0.05 y 896 GDL la dependencia entre los grupos tróficos y las estaciones no es significativa, se observó que el grupo trófico de los colectores generalistas dominó en las tres estaciones (42.02%), seguido por los fragmentadores (17.90%), raspadores (17.90%), depredadores (14.01%) y colectores-filtradores (8.17%).

9.- El pH promedio aguas arriba determinada fue de 8.52 la que tuvo una correlación de Pearson negativa con la dominancia de Berger-Parker (-0.99) significativa $p < 0.05$, la turbiedad promedio aguas abajo determinada fue de 12.94 UNT la que tuvo

una correlación de Pearson negativa con la equidad (-0.95) y positiva con la dominancia (0.97) las que son significativa $p < 0.05$ y la temperatura promedio aguas abajo determinada fue 18.46°C con una correlación de Pearson positiva con la dominancia (0.97) significativa $p < 0.05$. Además de oxígeno disuelto promedio aguas abajo 5.46 mg/L tuvo una correlación de Pearson positiva con la diversidad (0.92) y equidad (0.91) y una correlación de Pearson negativa con la dominancia (-0.94 y -0.94) que no es significativa $p > 0.05$, esto estas correlaciones son distintas con los estudios realizados por (Rodríguez et al., 2016), quienes encontraron que las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron valores promedio comprendidos entre 7.4 y 7.9 mg/l, en los sitios 3 (La Isla) y 1 (Fátima), respectivamente, y arrojaron un valor de 0.915 para el coeficiente de correlación lineal r de Pearson respecto al índice BMWPCR (significativo a 5% de probabilidad de error). Además para el pH se obtuvieron valores comprendidos entre 7.6 y 8.2 en los mismos sitios, con coeficientes de correlación lineal r de Pearson de 0.885 respecto al índice BMWP-CR (significativo a 5% de probabilidad de error).

V. CONCLUSIÓN

1.- La calidad fisicoquímica aguas arriba fueron aguas más básicas con un pH 8.52, con una menor turbiedad en promedio de 2.33 UNT, mas oxigenadas con oxígeno disuelto promedio de 7.62 mg /L dentro de los Estándares de Calidad de Agua (ECAS) Categoría1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1: Aguas que pueden ser desinfectadas con desinfección y Categoría 4: Conservación del medio ambiente Subcategoría E2: Ríos y aguas abajo son aguas menos básicas con un pH 8.16, con más turbiedad en promedio de 12.94 UNT por encima de los ECAS Subcategoría A1, menor oxígeno disuelto en promedio 5.46 mg/L están dentro ECAS Subcategoría E2: Ríos y por debajo ECAS Subcategoría A1 debido al impacto de la polución orgánica.

2.- Se determinó una mayor DQO promedio aguas abajo con 12.50 mg/L y aguas arriba con 8.57 mg/L, teniendo aguas abajo valor promedio por encima de los ECAS Categoría1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1: Aguas que pueden ser desinfectadas con desinfección y la DBO5 promedio en ambas áreas estuvieron dentro de los ECAS Subcategoría A1 y Categoría 4: Conservación del medio ambiente Subcategoría E2: Ríos.

3.- En cuanto a la calidad bacteriológica en el río Chotano existe una menor contaminación orgánica con la presencia de coliformes termotolerantes indicadores de contaminación fecal aguas arriba con 9 180 NMP/ 100 mL que aguas abajo con 96 667 NMP/100 mL de la quebrada Colpamayo, debido a que aguas abajo son impactadas con aguas residuales del camal municipal y aguas de las alcantarillas urbanas que son arrojadas sin tratar a dicha quebrada Colpamayo, alcanzando valores en ambas áreas por encima de los Estándares de Calidad de Agua (ECAS) Categoría1: Poblacional y recreacional Subcategoría A1: Aguas que pueden ser desinfectadas con desinfección y Categoría 4: Conservación del medio ambiente Subcategoría E2: Ríos.

4.- Los géneros de macroinvertebrados bentónicos en promedio identificados en el río Chotano aguas arriba de su afluente quebrada Colpamayo más representativos fueron *Camelobaetidius Kondratieffi* con 214 ind/m² representa 28 %, seguida con

Chironomus sp (b) con 172 ind/m² que representa un 22 %, *Baetis tricaudata* con 107 ind/m² que representa un 14 %, *Simulium sp* con 101 ind/m² que representa un 13 % y *Chironomus sp (r)* con 85 ind/m² que representa un 11 %.

5.- Los géneros de macroinvertebrados bentónicos en promedio aguas abajo de su afluente de la quebrada Colpamayo los más representativos fueron: *Tubifex sp* con 14,887 ind/m² representa 93 %, seguida con *Psychoda sp* con 637 ind/m² que representa un 4 %, *Chironomus sp (r)* con 184 ind/m² que representa un 1 %, *Eristalis tenax* con 170 ind/m² que representa un 1 %, y otros con 1 %.

6.- Los macroinvertebrados bentónicos identificados en ambas áreas fueron 3 géneros: *Tubifex sp*, aguas abajo fue la especie dominante con alto porcentaje, seguida de *Chironomus sp (r)* y *Eisenia foetida* son organismos que se encontraron en lugares con fango, arena y con abundante materia orgánica en descomposición, desarrollándose en donde la polución orgánica es alta.

7.- La calidad de agua promedio del IBMWP (índice de grupo de trabajo de monitoreo biológico) determinada a través de las familias de macroinvertebrados bentónicos de un sector del río Chotano tuvo aguas arriba una calidad de agua dudosa con contaminación moderada con 60 puntos es decir con una menor contaminación orgánica y aguas abajo tuvo una calidad de agua muy crítica fuertemente contaminada con 11 puntos es decir aguas con polución orgánica.

8.- La calidad de agua promedio determinada a través del índice de riqueza total EPT (%) aguas arriba tuvo una calidad de agua regular con un 45.6 % y aguas abajo tuvo una calidad de agua mala con un 0%.

9.- La diversidad promedio de Shannon – Wiener determinada aguas arriba con 1.29 y aguas abajo con 0.31 tuvo una calidad de agua con poca diversidad.

10.- El índice de riqueza promedio de Margalef determinada aguas arriba tuvo calidad de agua con zona de mediana diversidad con 2.30 y aguas abajo con zona de baja diversidad con 0.49.

11.- El índice de Pielou promedio determinadas aguas arriba nos da a conocer que son poblaciones de macroinvertebrados más estables con 0.5 y aguas abajo son poblaciones no estables con 0.18.

12.- El índice de dominancia promedio de Berger – Parker y Simpson aguas arriba fue de 0.25 y de 0.37 en el sector río Chota determinándose que son aguas con poca dominancia en sus poblaciones de macroinvertebrados bentónicos con una mayor diversidad y aguas abajo con resultados de 0.94 y 0.88 aguas con poblaciones con una mayor dominancia, menor diversidad y con existencia de polución orgánica.

13.- La prueba de normalidad Pruebas de Shapiro Wilk de los parámetros fisicoquímico aguas arriba y abajo siguen una distribución normal, por lo que para evaluar los índices bióticos se desarrollaron pruebas paramétricas como: IBMWP, índice de riqueza total EPT (%), riqueza de Margalef, diversidad de Shannon-Wiener, Equidad y Dominancia.

14.-Según la prueba de Levene para datos de turbiedad, pH e índice bióticos como: IBMWP, Riqueza aguas arriba y abajo tienen varianzas diferentes, con un nivel de significancia $p < 0.05$ y la prueba de t student para los datos de turbiedad, pH, oxígeno disuelto e Índice biológicos como: IBMWP, Riqueza, Diversidad, Equidad y Dominancia como indicador de calidad de agua aguas arriba y abajo existe diferencias significativas entre la media del sector aguas arriba (AA) y la media del sector aguas abajo (AB) con un nivel de significancia $p < 0.05$, se muestra que son poblaciones diferentes.

15.- Los géneros que dominaron por grupo trófico en un sector del río Chotano fueron los colectores-detritívoros con un (26 %) aguas arriba y un 100 % aguas abajo.

16.- La prueba de Chi cuadrado sobre el número de géneros por grupo trófico encontrados aguas arriba (AA) y aguas abajo (AB) en un sector el río Chotano concluye que existen diferencias significativas entre los dos sectores ($p=0.14 > 0,05$), son poblaciones diferentes debido a que aguas abajo han desaparecidos los grupos tróficos como: Fragmentadores, raspadores, depredadores y filtradores debido a la polución orgánica.

17.- La conductividad presentó una correlación de Pearson positiva muy fuerte con los STD fuerte aguas arriba y abajo, la turbiedad presentó una correlación de Pearson negativa muy fuerte con el oxígeno disuelto total aguas abajo y la

temperatura presentó una correlación de Pearson negativa muy fuerte con el oxígeno disuelto aguas abajo con un nivel de relación significativo ($p < 0.05$)

18.- El IBMWP presentó una correlación de Pearson positiva muy fuerte con la riqueza de Margalef aguas arriba y abajo con un nivel de relación significativamente fuerte ($p < 0.05$) y la diversidad presentó una correlación de Pearson positiva muy fuerte con la equidad y negativa muy fuerte con la dominancia con un nivel de significativamente muy fuerte ($p < 0.05$) aguas abajo y no significativa ($p > 5$) aguas arriba y la equidad presentó una correlación negativa muy fuerte con la dominancia con un nivel de significancia muy fuerte ($p < 0.05$) aguas abajo y no significativa ($p > 5$) aguas arriba.

19.- El pH presentó una correlación de Pearson negativa muy fuerte con la dominancia de Berger-Parker con un nivel de relación significativamente fuerte ($p < 0.05$) y una correlación de Pearson positiva muy fuerte con la diversidad no significativa ($p > 0.05$) aguas arriba y la turbiedad presentó una correlación de Pearson positiva muy fuerte con la dominancia y negativa muy fuerte con la equidad con un nivel de significativamente fuerte ($p < 0.05$) aguas abajo, además una correlación de Pearson negativa muy fuerte con la diversidad siendo no significativa ($p > 0.05$) aguas abajo, la temperatura presentó una correlación positiva muy fuerte con la dominancia siendo significativa ($p < 0.05$) aguas abajo y presentó una correlación negativa muy fuerte con la diversidad y equidad siendo no significativa ($p > 0.05$) aguas bajo y el oxígeno presentó una correlación positiva muy fuerte con la diversidad y equidad y negativa muy fuerte con la dominancia siendo no significativa ($p > 0.05$) aguas abajo.

20.- El uso de macroinvertebrados bentónicos es un buen indicador para la contaminación orgánica con la determinación de la calidad de agua en el río Chota a través de sus índices biológicos habiendo una correlación entre sus parámetros fisicoquímicos como la turbiedad, pH y temperatura y dichos índices.

VI. RECOMENDACIONES

El Gobierno Local debe implementar el monitoreo biológico con el uso de los macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de agua, conocer la taxonomía de los macroinvertebrados bentónicos presentes en los ríos del distrito de Chota que no han sido impactados, poco impactados y muy impactadas negativamente por la actividad humana.

A los pobladores de las riberas del río darle a conocer los impactos negativos que generan al arrojar sus residuos sólidos en el río, alterando el ecosistema acuático con la pérdida de la biodiversidad de los macroinvertebrados bentónicos y la calidad del recurso hídrico para su uso.

Para otras investigaciones se recomienda que el estudio de determinación de parámetros fisicoquímico y bacteriológico se realice a horas de mañana para que haya menos sesgo; además la identificación y la observación de los macroinvertebrados bentónicos se debe realizar vivos para observar sus hábitos alimentarios, sus características morfológicas y tener tomas más nítida.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ARMAS, Verónica. Efecto de la cobertura vegetal y las variables físico-químicas sobre la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta de la antigua, Veracruz, México. Tesis (Maestra en Ecología Tropical). Xalapa, Veracruz: Universidad Veracruzana Centro de Investigaciones Tropicales, noviembre 2015.

Disponible en:

<https://www.uv.mx/met/files/2013/11/ArmasOrtizVeronica-Diciembre2015.pdf>

BARBOSA, SILVA, ARAUJO, LIMA y DANTAS. Macroinvertebrados Bentônicos como bioindicadores da qualidade da água em um trecho do rio Apodi-Mossoró. Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. HOLOS, Ano 32, Vol. 7 121. [en línea], 2016. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017] 13 pp.

Disponible en:

<http://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/4183/1592>

ISSN: 1807-1600

BERNARDO, Flávia, FATIMA, Camila, BETIATO, Gregori, PASQUALI, Gean, ALFONSO, Paulo y TERESINHA, Marília. Utilização da estrutura de comunidades de macroinvertebrados bentônicos como indicador de qualidade da água em rios no sul do Brasil. Universidade Federal da Fronteira Sul. Rev. Ambient. Água vol. 12 n. 3 Taubaté – May / Jun. 2017. [en línea]. 06 de febrero 2017. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017] 11 pp.

Disponible en:

www.ambi-agua.net

ISSN 1980-993X

CARRERA, Carlos y FIERRO, Karol. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. [en línea]. Quito, 2001. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2017] 67 pp.

Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/88975705/Manual-Los-Macroinvertebrados-Acuaticos>

ISBN: 9978-41-964-0

CIENCIAS de la tierra y del medio ambiente. Unidad 6: La hidrosfera. Problemática y gestión sostenible por Alonso del Val [et al] [en línea]. Cantabria: Editorial Consejo de Educación de Cantabria, 2005. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2017].

Disponible en:

http://www.educantabria.es/docs/info_institucional/publicaciones/2005/LIBRO_CT_MA.pdf.

ISBN: 84-95302-28-4

CUSTODIO, María y CHANAMÉ, Fernán. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. Revista de la Universidad de Trujillo - Scientia Agropecuaria [en línea]. Vol. 7, n° 1, marzo 2016. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2017].

Disponible en:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172016000100004&script=sci_abstract

ISSN 2077-9917

GOMEZ, Alfredo. Manual de Zoología de los invertebrados acuáticos. Facultad de Ciencias Biológicas. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 1997. 159 pp.

ESCOBAR, Jessica. Estudio de poblaciones macroinvertebrados acuáticos. Investigación y Estudio de Ecosistemas Universidad Surcolombiana Garzon Huila Colombia [en línea]. Junio 2014. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2017].

Disponible en:

<http://ecosistemasgarzonhuila.blogspot.pe/2014/06/guia-para-el-estudio-de-poblaciones.html>

FIERRO, Pablo, BERTRÁN, Carlos, MERCADO, Maritza y PEÑA, Fernando. Landscape composition as a determinant of diversity and functional feeding groups of aquatic macroinvertebrates in southern rivers of the Araucanía, Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 43(1): 186-200, 2015. [en línea]. Chile, 2015. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017] 16 pp.

Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2015000100016

GONZÁLEZ, Sergio. Contaminación difusa de las aguas. INIA tierra adentro [en línea]. Buenos Aires. Junio 2007. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2017].

Disponible en:

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR34773.pdf>

GIL, Julie. Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. Tesis (Maestra en Desarrollo Sostenible). Universidad de Manizales, 2014.

Disponible en:

<http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1>

HEPP, L.U.; RESTELLO, R.M. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores da qualidade das águas do Alto Uruguai Gaúcho. In. ZAKRZEWSKI, S.B.B. (Org.). *Conservação e uso sustentável da água: múltiplos olhares*. Erechim: Edifapes, 2007. p. 75-85.

LADRERA, Rubén. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos [en línea]. Agosto 2012. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2017].

Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/4015812.pdf>

LADSON, A. R; et al. Development and testing of an Index of Stream Condition for waterway management in Australia. *Freshwater Biology*, v. 41, n. 2, p. 453 – 468, 1999.

MACHI, Pablo. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores ecológicos de cambios en el uso del suelo en mallines del sudoeste de la provincia de Río Negro. Tesis (Doctor en Ciencias Naturales). Universidad Nacional de la Plata Centro de Investigaciones Tropicales, febrero 2017.

Disponible en:

sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/.../Documento_completo_.pdf-PDFA2u.pdf?...

MARQUES, M. M.; BARBOSA, F. Biological quality of waters from an impacted tropical watershed (middle Rio Doce basin, southeast Brazil), using benthic macroinvertebrate communities as an indicator. *Hydrobiologia*, v. 457, p. 69-76, 2001.

MEZA, Ana, DIAS Lucimar y WALTERNOS, Jeymmy. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la Subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasia* 34(2):443-456. [en línea]. Colombia, 2012. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017].

Disponible en:

<http://www.icn.unal.edu.co/>

MINAM. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marco. Departamento

de Limnología. Departamento de Ictiología. Lima: Ministerio del Ambiente, 2014. 75 pp. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2017].

Disponible en:

<http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/M%C3%A9todos-de-Colecta-identificaci%C3%B3n-y-an%C3%A1lisis-de-comunidades-biol%C3%B3gicas.compressed.pdf>

MINAGRI - ANA. Protocolo de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos autoridad nacional del agua – DGCRH. [en línea]. 2011. 34 pp. [Fecha de consulta: 25 de mayo 2017].

Disponible en:

http://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf

ORTEGA, Luis. Contaminación de las aguas. Tema 5. La hidrosfera: contaminación [en línea]. 2014. [Fecha de consulta: 25 de mayo 2017].

Disponible en:

http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t5_hidrosfera_contaminacion.pdf

ORTIZ, Juan. Dinámica estacional de macro - invertebrados acuáticos en la cuenca alta del río Pita, como línea base para estudios de impacto ambiental. Tesis (Magister en Sistemas de Gestión Ambiental). Sangolqui: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sangolqui – Ecuador, 2015.

Disponible en:

<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/10312/T-ESPE-048465.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PALMA, Alejandro. Guía para la identificación de invertebrados acuáticos [en línea] 2013. 122 pp. [Fecha de consulta: 29 de mayo del 2017].

Disponible en:

http://www2.udec.cl/~lpalma/Palma2013_Guia_identificacion_Macroinvertebrados_preview.pdf

QUEIROZ, J. F.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. C. Organismos bentónicos bioindicadores da qualidade das águas da Bacia do Médio São Francisco. Jaguariúna: EMBRAPA Meio Ambiente, 2000.

REDESNAGUT. Red Surber. 2017. [Fecha de consulta: 23 de julio de 2017].

Disponible en:

<http://www.redesnagut.cl/portfolio/surber/>

RESENDE, Paula, RESENDE, Paulo, PARDAL, Miguel y ALMEIDA, Salomé y AZEITEIRO, Ulisses. Use of biological indicators to assess water quality of the UI River (Portugal). Environ Monit Assess (2010) 170:535–544. [en línea]. Portugal, Diciembre, 2009. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017] 10 pp.

Disponible en:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10661-009-1255-4>

RINGUELET, Raúl. Contaminación o polución del ambiente acuático con referencia especial a la que afecta el área Platense. AGRO [en línea]. Buenos Aires. Noviembre 1967, año IX – n° 15. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2017].

Disponible en:

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/45889/Documento_completo_.pdf?sequence=1

RIVERA, John, PINILLA, Gabriel y CAMACHO, Diana. Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos en un humedal urbano andino de Colombia. 2013. Acta Biológica Colombiana [en línea]. Artículo de investigación. 18(2):279-292, mayo - agosto de 2013. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2017].

Disponible en:

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=319028011005>

ISSN: 0120-548X

RODRÍGUEZ, Leo, RÍOS, Pedro, ESPINOSA, Mayra, CEDEÑO, Pedro y JIMÉNEZ, Gianella. Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *Hidrobiológica* 2016. [en línea]. 26 (3): 497-507. 07 de mayo de 2016 [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017].

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000300497

ISSN 0188-8897

ROLDAN, Gabriel. Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea]. Vol. 40, n° 155, abril-junio 2016. [Fecha de consulta: 03 de mayo del 2017].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>.

ISSN: 0370-3908 e I.S.S.N: 2382-4980

ROLDAN, Gabriel. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Académica Colombiana Ciencia* [en línea]. Vol. 23 n°88, Septiembre 1999. [Fecha de consulta: 09 de junio del 2017].

Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/66696971/Los-Macroinvertebrados-y-Su-Valor-Como-Indicadores-de-La-Calidad-Del-Agua>

ISSN: 0370-3908

ROLDAN, Gabriel. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia- Conciencias - Universidad de Antioquia, Editorial Presencia Ltda. Santafé de Bogotá. 1988.

Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/332118646/ROLDAN-Guia-para-el-estudio-de-los-macroinvertebrados-acuaticos-del-departamento-de-Antioquia-pdf>

ISBN: 958-9129-04-8

TRAMA, Florencia. Efecto de los plaguicidas utilizados en los cultivos de arroz, sobre las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y la calidad de las aguas en la cuenca baja del río Piura, Perú. Tesis (Doctorado en Recursos Hídricos). Lima: Universidad Nacional Agraria La molina, 2014.

Disponible en:

<http://www.rufford.org/files/5749-1%20Thesis.pdf>

TAMARIS, César, RODRIGUEZ, Javier y OSPINA, Rodolfo. Deriva de macroinvertebrados acuáticos a lo largo del río Gaira, vertiente noroccidental de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Limnología. [en línea]. Caldasia 35(1):149-163, 2013. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017] 10 pp.

Disponible en:

<http://www.icn.unal.edu.co/>

VÁSQUEZ, Maritza y MEDINA, César. Calidad de agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico-químicos en la microcuenca del río Tablachaca (Ancash, Perú) 2014. Revista Universidad Nacional de Trujillo de la

Facultad de Ciencias Biológicas - REBIOL [en línea]. Vol. 35, n° 2, marzo 2016.
[Fecha de consulta: 04 de enero del 2018].

Disponible en:

<http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/view/1079/1007>.

ISSN: 2313-3171

ANEXOS

Anexo 1					
FICHA DE OBSERVACIÓN DEL PROYECTO DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN UN SECTOR DEL RÍO CHOTANO, DISTRITO DE CHOTA - 2017					
RESPONSABLE: EBERTH FRANK SANCHEZ BUSTAMANTE					
Datos de campo: GENERALES					
LOCALIDAD:			CODIGO ESTACIÓN:		
RIO:			FECHA:		
PROV. / DPTO.			HORA INICIO:		
RESPONSABLE:			HORA TERMINO:		
PERSONAL CAMPO:					
COORDENADAS Y ALTITUD (UTM): ESTE:			NORTE:		
CONDICIONES METEOROLÓGICAS:			Lluvias en los últimos 7 días: SI () NO ()		
Sol () Nublado () Lluvia ()					
VEGETACION RIPARIANA (Hasta 18m)			Cobertura de dosel		
Indicar el tipo de vegetación predominante			Parcialmente abierto () Parcialmente sombreado ()		
Arboles () Arbustos () Pastos () Herbáceas ()			Sombreado () Abierto ()		
Especie predominante:			Áltura de marca de agua _____m		
Longitud estimada _____m			OBSERVACIONES:		
Ancho estimado _____m					
Área estimada de muestreo _____m ²					
Profundidad estimada _____m					
Velocidad de corriente _____					
PARAMETROS FISICOQUÍMICOS		CE:	TDS:	T (°C):	OD:
		pH:	Turbidez:		
Equipo utilizado:					
Olor del agua					
Normal/Ninguno () Desagüe () Petróleo () Químico () Pescado () Otro _____					
SISTRATOS INORGANICOS (deben sumar 100%)					
Tipo de sustrato	Diámetro	% de composición en el área de muestreo	Tipo de sustrato	Característica	% de composición en el área de muestreo
Roca madre			Hojarasca	Palos, madera, plantas, en tamaños pequeños	
Boulder	> 256 mm				
Canto rodado	64-256 mm		Estiércol	De cualquier tipo de ganado o animales de la zona	
Grava	2-64 mm				
Arená	0.06-2mm				
Limo	0.004-0.06 mm		Marga (roca sedimentaria)	Arcilla amarillenta o grisácea, de origen biológico	
Arcilla	< 0.004 mm				

Anexo 2							
FICHA DE OBSERVACION DEL PROYECTO DETERMINACION DE LA CONTAMINACION ORGANICA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN UN SECTOR DEL RÍO CHOTANO, DISTRITO D CHOTA - 2017							
RESPONSABLE: EBERTH FRANK SANCHEZ BUSTAMANTE							
HOJA DE CALCULO DEL IBMWP							
N° Estación:	Río:	Fecha/Hora:	Localidad:	UTM:ESTE: NORTE:			
ARÁCNIDOS		Punt.	EFEMERÓPTEROS		Punt.	ODONATOS	
Hidracarina	4		Baetidae	4		Aeshnidae	8
			Caenidae	4		Calopterygidae	8
COLEÓPTEROS			Ephememerellidae	7		Coenagrionidae	6
Chrysomelidae	4		Ephemeridae	10		Cordulegasteridae	8
Curculionidae	4		Heptageniidae	10		Cordulidae	8
Dryopidae	5		Leptophlebiidae	10		Gomphidae	8
Dytiscidae	3		Oligoneuniidae	5		Lestidae	8
Etmidae	5		Polymitarcidae	5		Libellulidae	8
Gyrinidae	3		Potamanthidae	10		Platycnemididae	6
Hatipidae	4		Prosopistomatidae	7			
Hydraenidae	5		Siphonuridae	10		OLIGOQUETOS	
Hydrochidae	5					Todos	1
Hydrophilidae	3		HETERÓPTEROS				
Hygrobidae	3		Aphelocheiridae	10		PLECÓPTEROS	
Noteridae	3		Corixidae	3		Capniidae	10
Psephenidae	3		Gerridae	3		Chloroperidae	10
Scirtidae	3		Hydrometridae	3		Leuctridae	10
			Mesovelidae	3		Neumoridae	7
CRUSTÁCEOS			Naucoridae	3		Peridae	10
Asefiidae	3		Nepidae	3		Periodidae	10
Astacidae	8		Notonectidae	3		Taeniopterygidae	10
Atyidae	6		Pleidae	3			
Corophiidae	6		Veliidae	3		TRICÓPTEROS	
Gammaridae	6					Beraeidae	10
Ostracoda	3		HIRUDINEOS			Brachycentridae	10
Palaemonidae	6		Erpobdellidae	3		Calamoceratidae	10
			Glossiphoniidae	3		Ecnomidae	7
DIPTEROS			Hirudidae	3		Glossosomatidae	8
Athericidae	10		Piscicolidae	4		Goeridae	10
Blephariceridae	10					Hydropsychidae	5
Ceratopogonidae	4		NEURÓPTEROS			Hydroptilidae	6
Chironomidae	2		Sialidae	4		Lepidostomatidae	10
Culicidae	2					Leptoceridae	10
Dixidae	4		LEPIDÓPTEROS			Limnephilidae	7
Dolichopodidae	4		Pyralidae	4		Molannidae	10
Empididae	2					Odontoceridae	10
Limoniidae	4		MOLUSCOS			Philopotamidae	8
Muscidae	4		Ancylidae	6		Phryganeidae	10
Psychodidae	4		Bithyniidae	3		Polycentropodidae	7
Ptychopteridae	4		Ferrissidae	6		Psychomyiidae	8
Rhagionidae	4		Hydrobiidae	3		Rhyacophilidae	7
Sciomyzidae	4		Lymnaeidae	3		Sericostomatidae	10
Simuliidae	5		Neritidae	6		Thremmatidae	10
Stratiomyidae	4		Physidae	3			
Syrphidae	1		Planorbidae	3		TURBELARIOS	
Tabanidae	4		Sphaeriidae	3		Dendrocoelidae	5
Thaumaleidae	2		Thiaridae	6		Dugesidae	5
Tipulidae	5		Unionidae	6		Planariidae	5
			Valvatidae	3			
			Viviparidae	6			
PUNTUACIÓN DEL INDICE IBMWP							
CLASE DE CALIDAD	IBMWP		SIGNIFICADO				
I	> 120		Calidad muy buena: Agua muy limpias				
	101- 120		Calidad buena: Aguas no acontaminadas o poco alteradas				
II	61 – 100		Calidad aceptable: Son evidentes efectos de la contaminación				
III	36 – 60		Calidad dudosa: Aguas moderadamente contaminadas				
IV	16 – 35		Calidad critico: Aguas muy contaminadas				
			Calidad muy crítico: Aguas fuertemente contaminada				

FICHA DE OBSERVACIÓN DEL PROYECTO DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN UN SECTOR DEL RÍO CHOTANO, DISTRITO DE CHOTA - 2017

RESPONSABLE: EBERTH FRANK SANCHEZ BUSTAMANTE

IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

N° Estación:		Río:		Fecha/Hora:		Localidad:		UTM: ESTE: NORTE:	
ARÁCNIDOS	Cant.	Especies	EFEMERÓPTEROS	Cant.	Especies	ODONATOS	Cant.	Especies	
Hidracarina			Baetidae			Aeshnidae			
			Caenidae			Calopterygidae			
COLEÓPTEROS			Ephememerellidae			Coenagrionidae			
Chrysomelidae			Ephemeraeidae			Cordulegasteridae			
Curculionidae			Heptageniidae			Cordulidae			
Dryopidae			Leptophlebiidae			Gomphidae			
Dytiscidae			Oligoneuniidae			Lestidae			
Etmidae			Polymitarcidae			Libellulidae			
Gyrinidae			Potamanthidae			Platycnemididae			
Hatipidae			Prosopistomatidae						
Hydraenidae			Siphonuridae			OLIGOQUETOS			
Hydrochidae						Todos			
Hydrophilidae			HETERÓPTEROS						
Hygrobiidae			Aphelocheidae			PLECÓPTEROS			
Noteridae			Corixidae			Capniidae			
Psephenidae			Gerridae			Chloroperidae			
Scirtidae			Hydrometridae			Leuctridae			
			Mesoveliidae			Neuroniidae			
CRUSTÁCEOS			Naucoridae			Perlidae			
Asellidae			Nepidae			Periodidae			
Astacidae			Notonectidae			Taeniopterygidae			
Atyidae			Pleidae						
Corophiidae			Veliidae			TRICÓPTEROS			
Gammaridae						Beraeidae			
Ostracoda			HIRUDINEOS			Brachycentridae			
Palaemonidae			Erpobdellidae			Calamoceratidae			
			Glossiphoriidae			Ecnomidae			
DIPTEROS			Hirudidae			Glossosomatidae			
Athericidae			Piscicolidae			Goeridae			
Blephariceridae						Hydropsychidae			
Ceratopogonidae			NEURÓPTEROS			Hydroptilidae			
Chironomidae			Sialidae			Lepidostomatidae			
Culicidae						Leptoceridae			
Dixidae			LEPIDÓPTEROS			Limnephilidae			
Dolichopodidae			Pyralidae			Molannidae			
Empididae						Odontoceridae			
Limonidae			MOLUSCOS			Philopotamidae			
Muscidae			Ancylidae			Phryganeidae			
Psychodidae			Bithyniidae			Polycentropodidae			
Ptychopteridae			Ferrissidae			Psychomyidae			
Rhagionidae			Hydrobiidae			Rhyacophiliidae			
Sciomyzidae			Lymnaeidae			Sericostomatidae			
Simuliidae			Neritidae			Thremmatidae			
Stratiomyidae			Physidae						
Syrphidae			Pianorbidae			TURBELARIOS			
Tabanidae			Sphaeriidae			Dendrocoelidae			
Thaumaleidae			Thiaridae			Dugesidae			
Tipulidae			Unionidae			Planariidae			
			Valvatidae						
			Viviparidae						

VALIDADO POR:


 Sr. Jaime Gonzales Posito
 BIÓLOGO - MICROBIOLOGO - PARASITÓLOGO
 C.B.P. 2025


 INGENIERO AGRÓNOMO
 REG. CIP. 125748

Figura 31

Elaboración propia



Ninfa de *Camelobaetidius kondratieffi* (Orden Efemeróptera, familia Baetidae).

Figura 32

Elaboración propia



Ninfa de *Baetis tricaudata* (Orden Efemeróptera, familia Baetidae).

Figura 33

Elaboración propia



Ninfa de *Tricorythodes* sp (Orden Ephemeroptera, familia Tricorythidae).

Figura 34

Elaboración propia



Larva de *Dytiscus marginalis* (Orden Coleóptera, Familia Dytiscidae).

Figura 35

Elaboración propia



Larva de *Tipula* sp (Orden Díptera, Familia Tipulidae).

Figura 36

Elaboración propia



Larva de *Simulium* sp (Orden Díptera, Familia Simuliidae).

Figura 37

Elaboración propia



Larva de *Chironomus plumosa* (Orden Díptera, Familia Chironomidae).

Figura 38

Elaboración propia



Larva de *Chironomus sp* (Orden Díptera, Familia Chironomidae).

Figura 39

Elaboración propia



Larva de *Chironomus sp* (Orden Díptera, Familia Chironomidae).

Figura 40

Elaboración propia



Pupa de *Culex sp* (Orden Díptera, Familia Culicidae).

Figura 41

Elaboración propia



Larva de *Hidroptila sp* (Orden Tricóptera, Familia Hidroptilidae).

Figura 42

Elaboración propia



Larva de *Smicridea sp* (Orden Tricóptera, Familia Hidropsychidae).

Figura 43

Elaboración propia



Larva de *Chimarrhodella* sp (Orden Tricóptera, Familia Philopotamidae).

Figura 44

Elaboración propia



Larva de *Stenelmis* sp (Orden Coleóptera, Familia Elmidae).

Figura 45

Elaboración propia



Larva de *Macrelmis* sp (Orden Coleóptera, Familia Elmidae).

Figura 46

Elaboración propia



Larva de *Polycentropus* sp (Orden Plecóptera, Familia Polycentropodidae).

Figura 47

Elaboración propia



Larva de *Corydalus sp* (Orden Megalóptera, Familia Corydalidae).

Figura 48



Larva de *Probezzia sp* (Orden Plecóptera, Familia Ceratopogonidae).

Figura 49

Elaboración propia



Larva de *Atopsyche* sp (Orden Tricóptera, Familia Hydrobiosidae).

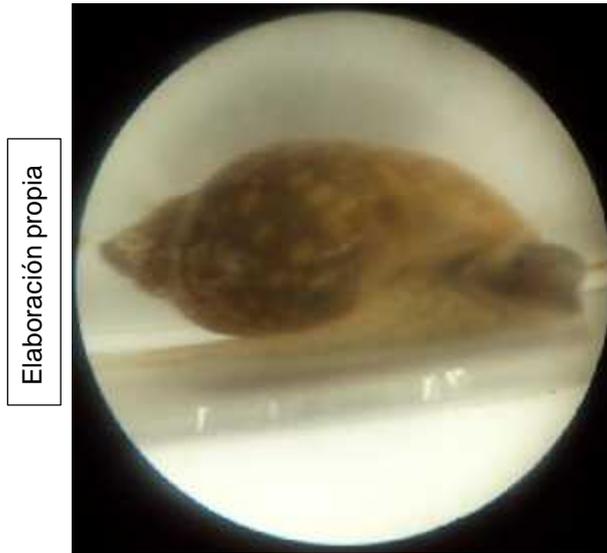
Figura 50

Elaboración propia



Larva de *Limnophora* sp (Orden Diptera, Familia Muscidae).

Figura 51



Elaboración propia

Molusco *Physa acuta* (Orden Hygrophila, Familia Physidae)

Figura 52



Elaboración propia

Larva de *Eristalis tenax* (Orden Díptera, Familia Syrphidae)

Figura 53

Elaboración propia



Larva de *Psychoda* sp (Orden Díptera, Familia Psychodidae)

Figura 54

Elaboración propia



Larva de *Eisenia foetida* (Orden Haplotaxida, Familia Lumbricidae)

Figura 55

Elaboración propia



Larva de *Tubifex sp* (Orden Haplotaxida, Familia Tubificidae)

Figura 56

Elaboración propia



Larva (Orden Diptera, Familia Muscidae).

Figura 57

Elaboración propia



Captura de macroinvertebrados bentónicos

Figura 58

Elaboración propia



Análisis fisicoquímico en campo del agua de un sector del río Chotano

Tabla 24

Determinación de parámetros fisicoquímico y bacteriológico de un sector del río Chotano aguas arriba a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

PARÁMETROS	Unidad	ECAS – RIO	ECAS - A1	13-08- 2017	21-08- 2017	30-08- 2017	16-09- 2017	18-09- 2017	03-10- 2017	PROM.	DESV.
Turbiedad AA	NTU		5	1.02	5.69	2.01	1.82	1.89	1.56	2.33	1.54
Conductividad AA	uS/cm	1000	1500	511	423	352	401	424	441	425.33	47.54
SDT AA	ppm		1000	256	211	175	202	216	220	213.33	24.07
pH AA		6.5 - 9,0	6.5 -8.5	8.6	8.8	8.8	8.43	8.28	8.20	8.52	0.23
Temperatura AA	°C			18.6	15.8	16	16.3	14.9	16.6	16.37	1.13
OD (valor mínimo) AA	mg O2/L	5	6	7.0	7.2	8.0	8.3	8.1	7.2	7.62	0.49
% de saturación de oxígeno disuelto AA	% mg O2/L			95.5	99.9	104	118	105.9	95.7	103.17	9.11
DBO5 AA	mg O2/L	10	3		2.6			2.6	2.6	2.60	0.00
DQO AA	mg O2/L		10		9.1			8.3	8.3	8.57	0.00
Coliformes Termotolerantes AA	NMP/ 100 mL	2000	20		11,000			16,000	540	9180.00	7730.00
Caudal AA	L/seg			176	180	165	157	158	153	164.83	2.16

Tabla 25

Determinación de parámetros fisicoquímico y bacteriológico de un sector del río Chotano aguas abajo a su afluente quebrada Colpamayo de agosto a octubre año 2017.

PARÁMETROS	Unidad	ECAS - RIO	ECAS - A1	13-08- 2017	21-08- 2017	30-08- 2017	16-09- 2017	18-09- 2017	03-10- 2017	PROM.	DESV.
Turbiedad AB	UNT		5	15.9	26.6	20.2	10.5	2.3	2.1	12.94	8.98
Conductividad AB	uS/cm	1000	1500	672	455	496	480	465	484	508.67	74.22
SDT AB	ppm		1000	337	227	248	242	236	242	255.33	37.09
pH AB		6.5 - 9,0	6.5 -8.5	8.2	8.7	8.1	7.9	8.1	8.0	8.16	0.26
Temperatura AB	°C			19.6	19.36	19.8	18.5	16.5	17.0	18.46	1.28
OD (valor mínimo) AB	mg O2/L	5	6	4.6	4.8	5.0	5.5	6.7	6.2	5.46	0.75
% de saturación de oxígeno disuelto AB	% mg O2/L			70.8	70.9	72.9	75.3	88.99	84.6	77.25	7.03
DBO5 AB	mg O2/L	10	3		3.8			2.6	2.6	3.00	0.57
DQO AB	mg O2/L		10		20.9			8.3	8.3	12.50	5.94
Coliformes Termotolerantes AB	NMP/ 100 mL	2000	20		220,000			35,000	35,000	96666.67	87209.84
Caudal AB	L/seg			220	230	206	196	196	191	206.50	14.12

RESOLUCIÓN DE VICERRECTORADO ACADÉMICO N°. 0011-2016-UCV-VA

ANEXO 1

**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DEL TRABAJO ACADEMICO DE LA UCV DE TESIS**

Yo, Ing. Celso Nazario Purihuamán Leonardo, docente de la Facultad de Ingeniería de la UCV-Filial Chota, y asesor del trabajo académico (Tesis) titulado: " DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ORGÁNICA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN UN SECTOR DEL RIO CHOTANO, DISTRITO DE CHOTA - 2017 " del bachiller de la Escuela profesional de Ingeniería Ambiental:

SANCHEZ BUSTAMANTE, Eberth Frank

Que el citado trabajo académico tiene un índice de similitud 16%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, grado de coincidencias irrelevantes que convierte el trabajo en aceptable y no constituye plagio, en tanto cumple con todas las normas del uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 30 de Enero del 2018



Ing. Celso N. Purihuamán Leonardo
Docente de la Facultad de Ingeniería de UCV



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS
EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 07
Fecha : 31-03-2017
Página : 1 de 1

Yo Eberth Frank Sánchez Bustamante....., identificado con DNI
N° 40502956, egresada de la Escuela de Ingeniería Ambiental....., de la
Universidad César Vallejo, autorizo () No autorizo () la divulgación y
comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:
"Determinación de la contaminación orgánica a través
de macroinvertebrados bentónicos en un sector del río
Chotana, distrito de Chota - 2017"

.....;
en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo
estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art.
33.

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....


FIRMA

DNI: 40502956

FECHA: 21 de noviembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------