



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO
YANAYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE
COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingenieras en Medio Ambiente.

Autoras:

Cuchipec Muso Sara Celene
Vasco Cevallos Tania Estefania

Tutor:

Clavijo Cevallos Patricio M.Sc.

LATACUNGA - ECUADOR

Marzo 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Sara Celene Cuchipe Muso, con cédula de ciudadanía No. **0503717050**; y, **Tania Estefania Vasco Cevallos**, con cédula de ciudadanía No. **0503738924**; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“Determinación de la Calidad de Agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el Río Yanayacu, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020-2021”**, siendo el Ingeniero **M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos**, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 08 de marzo del 2021

Sara Celene Cuchipe Muso
Estudiante
CC: 0503717050

Tania Estefania Vasco Cevallos
Estudiante
CC: 0503738924

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
Docente Tutor
CC: 0501444582

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CUCHIPE MUSO SARA CELENE**, identificada con cédula de ciudadanía **0503717050** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Determinación de la Calidad de Agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el Río Yanayacu, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020-2021”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico. - Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo. - 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de la Calidad de Agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el Río Yanayacu, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020-2021”

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de marzo del 2021.

Sara Celene Cuchipe Muso
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **VASCO CEVALLOS TANIA ESTEFANIA**, identificada con cédula de ciudadanía **0503738924** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Determinación de la Calidad de Agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el Río Yanayacu, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020-2021**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico.- Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de la Calidad de Agua por Bioindicadores (Macroinvertebrados) en el Río Yanayacu, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Periodo 2020-2021”

CLÁUSULA SEGUNDA.- LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA.- Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA.- El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA.- El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA.- En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de marzo del 2021.

Tania Estefania Vasco Cevallos
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO YANAYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”, de Cuchipec Muso Sara Celene y Vasco Cevallos Tania Estefania, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 08 de marzo del 2021

M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos

DOCENTE TUTOR

CC: 0501444582

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, las postulantes: Cuchipec Muso Sara Celene y Vasco Cevallos Tania Estefania, con el título del Proyecto de Investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO YANAYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 08 de marzo del 2021

Lector 1 (Presidente/a)
Ing. Mg. José Luis Ágreda
Oña
CC: 0401332101

Lector 2
Ing. Mg. Oscar René Daza Guerra
CC: 0400689790

Lector 3
Lcdo. Mg. Jaime René Lema Pillalaza
CC: 1713759932

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarnos salud para hacer realidad este sueño anhelado, por darnos fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante los problemas. A nuestros padres, por su apoyo y motivación para continuar en nuestro desarrollo profesional. A toda nuestra familia por sus palabras de aliento y por desearnos siempre lo mejor.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad para formarnos como profesionales. A nuestro Tutor M.Sc. Patricio Clavijo, por su paciencia, apoyo, guía y orientación en el desarrollo de nuestro proyecto de investigación. A los miembros del tribunal de lectores por su tiempo y asesoría. También agradecer a nuestros profesores que durante toda nuestra carrera profesional han aportado con un granito de arena en nuestra formación.

Sara Cuchipe

Tania Vasco

DEDICATORIA

A mi padre Klever Cuchipe, por ser el pilar fundamental de todo lo que soy como persona, por inculcar, sus valores y principios, por brindarme siempre su apoyo incondicional, por su ayuda en los momentos difíciles, esos consejos y enseñanzas me han llevado a conseguir mis objetivos, es cierto que mi empeño y perseverancia son dotados de su gran amor infinito.

A mi madre Manuela Muso, quien siempre confió y creyó en mí, a pesar de que no estés físicamente vives eternamente en mis recuerdos y en mi corazón, nos faltaron muchas cosas por vivir y sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mis hermanos Linda y Josue, por estar siempre presentes, por su inmenso cariño y apoyo a lo largo de esta etapa de mi vida. A mi sobrina Alice, quien es mi inspiración y felicidad.

Sara Cuchipe

DEDICATORIA

Principalmente a mi Dios por brindarme sus fuerzas, por haberme dado salud y porque nunca me abandonó, porque gracias a él hoy he llegado a cumplir una de mis grandes y más soñadas metas.

A mis padres Wilver e Isabel, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más de verme convertida en una verdadera profesional, y por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer a las adversidades porque Dios está siempre conmigo. Por todos sus consejos y apoyo en el transcurso de este periodo y por estar siempre a mi lado, este logro alcanzado más que mío es de ustedes, los amo demasiado.

A mis hermanos Wendy y Paul, por su cariño y apoyo incondicional en el transcurso de este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A mis abuelitos y a toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

A una gran amiga mía, Graciela que siempre estuvo ahí dándome ánimos, consejos y apoyándome pese a los malos momentos que se presentaron, y finalmente a una persona muy especial que puso Dios en mi camino, Cristian un hombre el cual tiene un buen corazón y pese a los malos momentos siempre está ahí dándome fuerzas y brindándome su amor y confianza.

Tania Vasco

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO YANAYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”.

AUTORAS:

Cuchiye Muso Sara Celene
Vasco Cevallos Tania Estefania

RESUMEN

Los ríos son muy importantes para los seres humanos, ya que sirven para abastecer de agua a la población además son el hábitat de innumerables formas de vida. La presente investigación se realizó en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, donde se determinó la calidad de agua del río Yanayacu, mediante bioindicadores (macroinvertebrados) e índices biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T) y el índice de biodiversidad de SHANNON-WEAVER; para lo cual se delimitaron tres puntos de muestreo (P1-Barrio San José, P2-Barrio San Martín, P3-Casa de la Cultura).

Según los resultados obtenidos en la investigación se identificaron 837 individuos de macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 29 familias; el índice BMWP/col en el P1 se encuentra con una calidad de agua Dudosa, en el P2 exhibe una calidad Crítica y para el P3 muestra una calidad de agua Muy Crítica. En cuanto al índice ABI presenta una calidad de agua Mala en los tres puntos, ya que este índice se adecúa a las influencias antrópicas y a la altitud y según el índice E.P.T en los tres puntos son aguas de Mala calidad debido a que este índice se calcula con órdenes de macroinvertebrados que son sensibles a las alteraciones ambientales. El índice de diversidad de SHANNON – WEAVER mostró para los tres puntos un promedio de 2,1, es decir, una diversidad media.

La calidad de agua que presenta el río de acuerdo a los 9 parámetros evaluados del ICA-NSF determinó que el agua en el P1 es Regular y en el P2 y P3 muestra una calidad Mala ya que se encuentran en un rango de 26-50, mientras que en comparación con el TULSMA libro VI, Anexo I; Tabla 3. Criterio de calidad admisible para aguas destinadas a uso agrícola, los parámetros que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles son Coliformes Fecales en el P2 y P3, Oxígeno Disuelto en el P3 y Nitratos en los tres puntos de estudio.

Con los resultados obtenidos se determinó que la calidad de agua se halla en una categoría Crítica y Muy Crítica, teniendo relación con resultados de estudios ya realizados en el río Yanayacu, estos datos se ven influenciados por la presencia de asentamientos humanos, actividades antrópicas y descargas de aguas residuales que son depositadas al río sin previo tratamiento.

Palabras clave: Bioindicadores, calidad del Agua, índices biológicos, macroinvertebrados, río Yanayacu.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: "DETERMINATION OF WATER QUALITY BY BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE YANAYACU RIVER, LATACUNGA CANTON, COTOPAXI PROVINCE, PERIOD 2020-2021"

AUTHORS:

Cuchiye Muso Sara Celene
Vasco Cevallos Tania Estefania

ABSTRACT

The rivers are essential for human beings; they provide water to the population. Furthermore, they are the habitat of innumerable forms of life. This research took place in November, December, and January, where the Yanayacu River was determined through bio-indicators (macro-invertebrates) and biological indices (BMW₇col, ABI, EPT). The biodiversity index by SHANNON-WEAVER; for which they have delimited three sampling points (P1 - San José neighborhood, P2- San Martín neighborhood. P3- House of Culture).

According to the investigation results, there were 837 individuals of aquatic macroinvertebrates distributed in 29 families. The BMW₇col index in P1 has a questionable water quality in P2 a Critical quality. The last one, P3, shows a critical water quality as soon as the index ABI presents bad quality water in the three points. This index is adapted to the anthropic influences and the altitude. According to the EPT index in the three points, they are low-quality waters because this index is calculated with macroinvertebrates' orders sensitive to environmental disturbances. The SHANNON-WEAVER diversity index showed an average of 2.1 for the three points: a medium diversity.

The quality water presented by the river according to the nine parameters evaluated by the ICANSF determined that the water in P1 is Regular and in P2 and P3 shows a lousy quality since they are in a range of 26-50, while in comparison with the TULSMA book VI, Annex I; Table 3. Acceptable quality criteria for water intended for agricultural use. The parameters that exceed the Maximum Permissible Limits are Fecal Coliforms in P2 and P3, Dissolved Oxygen in P3 Nitrates in the three study points.

According to the results and studies carried out in the Yanayacu River, the quality water is in a Critical and Very Critical category. Human settlements, anthropic activities influence these data and discharges of residual waters deposited to the river without previous treatment.

Keywords: Bio-indicators, quality water, biological indices, macro-invertebrates, Yanayacu River.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	x
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT	xiii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN.....	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	4
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	6
6. OBJETIVOS	8
6.1. General.....	8
6.2. Específicos	8
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	9
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	11
8.1. Características del agua en función del desarrollo industrial y la contaminación.	11
8.2. Calidad del Agua	11
8.2.1. Contaminación del Agua	12
8.3. Causas de la Contaminación del Agua	12
8.4. Fuentes de la Contaminación del Agua	13
8.4.1. Fuentes Industriales.....	13
8.4.2. Fuentes Domésticas.....	14
8.4.3. Fuentes Agrícolas.....	14
8.5. Bioindicadores	15

8.5.1.	Bioindicadores de la Calidad de Agua.....	15
8.5.2.	Macro Invertebrados Acuáticos	15
8.6.	Índices de Calidad de Agua	17
8.6.1.	Índices Biológicos.....	17
8.6.2.	Índice B.M.W.P (Biological Monitoring Working Party).....	17
8.6.3.	El Índice ABI (Andean Biotic Index)	19
8.6.4.	Índice E.P.T (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)	21
8.6.5.	Índice de Diversidad de SHANNON-WEAVER	22
8.6.6.	Índice de Calidad de Agua Físico-Químico.	23
8.6.7.	Índice de Calidad de Agua ICA	23
8.7.	Parámetros de Calidad de Agua	25
8.7.1.	Temperatura (° T)	25
8.7.2.	Turbidez	25
8.7.3.	Potencial de Hidrógeno (pH)	26
8.7.4.	Oxígeno Disuelto (OD)	26
8.7.5.	Nitratos.....	26
8.7.6.	Fosfatos	27
8.7.7.	Sólidos Totales Disueltos (TDS).....	27
8.7.8.	Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	28
8.7.9.	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).	28
8.7.10.	Coliformes Totales	28
8.7.11.	Coliformes Fecales.....	29
9.	MARCO LEGAL	29
9.1.	Constitución de la República del Ecuador.	29
9.2.	Código Orgánico Ambiental.	30
9.3.	Reglamento del Código Orgánico Ambiental	30
9.4.	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013.....	31
10.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS.....	33
10.1.	Preguntas Científicas	33
11.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	33
11.1.	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN.....	33
11.1.1.	Método Cualitativo.....	33
11.1.2.	Método Cuantitativo.....	33

11.1.3. Método Inductivo	34
11.2. Técnicas	35
11.2.1. Técnica Documental.....	35
11.2.2. Técnica de Campo.....	35
11.2.3. Técnica de Observación de Laboratorio	35
11.3. Instrumentos	35
11.3.1. Libreta de Campo.....	35
11.3.2. GPS	36
11.3.3. Microscopio	36
11.3.4. Guía Taxonómica	36
12. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	37
12.1. Descripción del área de estudio	37
12.2. Ubicación del estudio	37
12.3. Descripción del sitio de estudio	38
12.3.1. Aspectos físicos	39
12.3.2. Aspectos bióticos	40
12.4. Fase de campo	42
12.4.1. Muestreo de macroinvertebrados	42
12.4.2. Técnica de muestreo de macroinvertebrados en aguas poco profundas. .	42
12.4.3. Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico - Químicos y microbiológico.	43
13. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
13.1. Interpretación de resultados del mes de Noviembre	45
13.2. Interpretación de resultados del mes de Diciembre	47
13.3. Interpretación de resultados del mes de Enero	49
14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	56
14.1. Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos.....	56
14.2. Índice ICA-NSF.....	56
14.3. Macroinvertebrados como bioindicadores.....	57
15. RESPUESTA A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	59
16. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	61
16.1. Sociales.....	61
16.2. Ambientales.....	61

16.3. Económicos	62
17. CONCLUSIONES.....	62
18. RECOMENDACIONES.....	63
19. BIBLIOGRAFÍA.....	65
20. ANEXOS.....	73
20.1. ANEXO A. AVAL DE TRADUCCIÓN.....	73
20.2. ANEXO B. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE NOVIEMBRE.....	74
20.3. ANEXO C. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE DICIEMBRE	77
20.4. ANEXO D. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE ENERO.....	80
20.5. ANEXO E. DESCRIPCIÓN BIOINDICADORES.....	83
20.6. ANEXO F. RESULTADOS DEL LABORATORIO.....	90
20.7. ANEXO G. REGISTRO FOTOGRÁFICO	102
20.8. ANEXO H. CURRICULUM VITAE DEL TUTOR.....	104
20.9. ANEXO I. CURRICULUM VITAE DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios del Proyecto	5
Tabla 2 Matriz de Actividades por Objetivo	9
Tabla 3 Puntaje Asignado a Cada Familia de Macroinvertebrados Acuático de Acuerdo al Índice BMWP	18
Tabla 4 Valores Designados por el Método BMWP	19
Tabla 5 Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos Según la Propuesta del Índice ABI	20
Tabla 6 Puntajes para Calidad del Agua Según el Índice ABI.....	21
Tabla 7 Cuadro de Identificación de Calidad de Agua en Función del Índice E.P.T	22
Tabla 8 Clasificación del “ICA” Propuesto por Brown	24
Tabla 9 Flora.....	40
Tabla 10 Fauna.....	41
Tabla 11 Ubicación de los Puntos de Monitoreo en la Microcuenca del río “Yanayacu”	42
Tabla 12 Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Yanayacu correspondiente al mes de Noviembre.....	44
Tabla 13 Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Yanayacu correspondiente al mes de Diciembre	46
Tabla 14 Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Yanayacu correspondiente al me de Enero	48
Tabla 15 Comparación de los Resultados Físicos-Químicos y Microbiológicos	50
Tabla 16 Cuadro Comparativo de los Muestreos Realizados en los Meses de Noviembre, Diciembre y Enero.	53
Tabla 17 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Noviembre en el Río Yanayacu (P1)	74
Tabla 18 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Noviembre en el río Yanayacu (P2).....	75
Tabla 19 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Noviembre en el río Yanayacu (P3)	76
Tabla 20 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Diciembre en el río Yanayacu (P1)	77

Tabla 21 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Diciembre en el río Yanayacu (P2)	78
Tabla 22 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Diciembre en el río Yanayacu (P3)	79
Tabla 23 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Enero en el río Yanayacu (P1)	80
Tabla 24 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Enero en el río Yanayacu (P2)	81
Tabla 25 Número de Individuos Encontrados en el Mes de Enero en el río Yanayacu (P3)	82
Tabla 26 Guía de Macroinvertebrados Acuáticos Encontrados en el río Yanayacu	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación.....	37
Figura 2 Familias de Macroinvertebrados Muestreados en el Mes de Noviembre	45
Figura 3 Familias de Macroinvertebrados Muestreados en el Mes de Diciembre.....	46
Figura 4 Familias de Macroinvertebrados muestreados en el mes de Enero	48
Figura 6 Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San José(P1) correspondiente al mes de noviembre.....	90
Figura 7 Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San Martín (P2) correspondiente al mes de noviembre.....	92
Figura 8 Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Casa de la Cultura (P3) correspondiente al mes de noviembre.....	94
Figura 9 Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San José (P1) correspondiente al mes de diciembre.....	96
Figura 10 Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San Martín (P2) correspondiente al mes de diciembre.....	98
Figura 11 Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Casa de la Cultura (P3) correspondiente al mes de diciembre.....	100

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Determinación de la calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) en el río Yanayacu, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, periodo 2020-2021.

Fecha de inicio:

Mayo del 2020

Fecha de finalización:

Marzo del 2021

Lugar de ejecución:

Cantón Latacunga – Provincia de Cotopaxi

Parroquia Juan Montalvo - Barrio San José

Parroquia Juan Montalvo - Barrio San Martín

Parroquia La Matriz – Casa de la Cultura

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Medio Ambiente

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación de Sostenibilidad Ambiental en Cuencas Hidrográficas de la Provincia de Cotopaxi.

Equipo de trabajo:

AUTORES:

- Cuchipec Muso Sara Celene
- Vasco Cevallos Tania Estefanía

TUTOR: M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio

LECTORES:

- Ing. Mg. Ágreda Oña José Luis (Lector 1)
- Ing. Mg. Daza Guerra Oscar René (Lector 2)
- Lcdo. Mg. Lema Pillalaza Jaime René (Lector 3)

Área de conocimiento:

Ciencias

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la carrera:

Manejo y conservación de la biodiversidad.

Línea de vinculación:

Gestión de recursos naturales, biodiversidad, biotecnología y genética para el desarrollo humano y social.

2. INTRODUCCIÓN

Todas las actividades humanas han generado impactos sobre el medio ambiente, los ríos presentan un componente esencial de todo nuestro patrimonio natural y cultural. Sin embargo, todos estos han sufrido un significativo deterioro ecológico, a causa de la regulación de los caudales, la ocupación de las riberas, los encauzamientos, la industria, la agricultura y la urbanización, la disponibilidad de agua dulce en todo el mundo es crítica y cada día más compleja.

Las condiciones actuales del río Yanayacu están alteradas como consecuencia de los elevados niveles de intervención que se producen en la zona, tanto por el crecimiento demográfico, (urbano y agrícola) como por la demanda de recursos hídricos, la cual es reflejada a través de su estructura y composición de su biota acuática. El mal uso de este recurso hídrico natural, es lamentable, debido a que aguas negras desembocan de forma directa en el río sin ningún tipo de tratamiento.

El uso de bioindicadores (macroinvertebrados) para evaluar la calidad de agua se fundamenta en el hecho de que dichos organismos ocupan un hábitat a cuyas exigencias ambientales se encuentran adaptados. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se refleja en la estructura y composición de las comunidades acuáticas.

La presente investigación tiene como finalidad plasmar mediante el estudio de macroinvertebrados y el Índice de Calidad de Agua del río Yanayacu el grado de contaminación que esta posee para así poder informar a las autoridades presentes el estado del río y que puedan actuar frente a esta problemática.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La calidad del agua es un factor fundamental en la vida de cualquier ser vivo, y ha constituido unos de los pilares esenciales para el desarrollo del ser humano, por esta razón es relevante determinar la calidad del recurso hídrico y conocer los contaminantes existentes en un cuerpo de agua. Todo lo antes mencionado constituye en razones más que suficiente para que se desarrolle la investigación propuesta, la cual se enmarca en el Art.14 de la Constitución de la República del Ecuador, que menciona el derecho que tiene la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado garantizando el bienestar humano y del medio ambiente.

La investigación tuvo como fin conocer la calidad de agua en el río Yanayacu ubicado en el cantón Latacunga, debido a que el agua es un recurso indispensable para el sostenimiento dinámico en los procesos biológicos, de manera que influye en las condiciones de vida de los individuos ya que es un elemento clave en las distintas actividades económicas. Las aguas son usadas para el regadío, y cuyos productos son utilizados para el consumo humano y comercialización, dichas actividades hacen que la calidad de la fuente hídrica sea importante, y se requiera evaluar su situación para determinar si es apta para los usos que actualmente está destinado.

Este proyecto aporta con resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo los mismos que han sido analizados y comparados mediante la aplicación de cinco índices de calidad de agua, estos sirvieron como evidencia para establecer las condiciones en las que se encuentra el río Yanayacu, además de establecer los contaminantes existentes en la fuente hídrica. Al poner en marcha el proyecto los beneficiados fueron de manera directa los habitantes del cantón Latacunga e indirecta los habitantes de la provincia de Cotopaxi.

La presente investigación pretende proveer información confiable sobre el grado de contaminación que presenta el río, y de esta manera las autoridades competentes puedan actuar y plantear soluciones, políticas y estrategias ante esta problemática con el objeto de prevenir,

conservar y recuperar los espacios naturales degradados del recurso hídrico y por ende mejorar las condiciones de vida de los habitantes.

Es relevante para los estudios de conservación del entorno, así como para los funcionarios encargados en la toma de decisiones en las áreas de control ambiental, contar con métodos que sean económicamente viables y confiables desde el punto de vista científico para el seguimiento de la calidad de agua, como es el uso de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad, para lo cual se requiere de la observación, el conteo de individuos y la clasificación taxonómica.

La vinculación de la Universidad con la sociedad es de gran importancia, ya que los profesionales que se forman en esta institución son personas comprometidas con el desarrollo del país, los cuales mediante este proyecto investigativo se pretende dar a conocer el nivel de contaminación del agua que tiene el río Yanayacu buscando así el bienestar social y por ende la protección y conservación del medio ambiente.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1

Beneficiarios del Proyecto

Directos		Indirectos	
Habitantes del Cantón Latacunga		Habitantes de la Provincia de Cotopaxi	
Mujeres	88.188	Mujeres	210.580
Hombres	82.301	Hombres	198.625
Total	170.489	Total	409.205

Nota. (INEC, 2010)

Elaborado por: Equipo de investigación.

5. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

La crisis de la contaminación del agua ejerce una presión social y económica en todas las partes del mundo, en donde la calidad del recurso hídrico se ve altamente perjudicada a consecuencia del gran impacto generado por el desarrollo de las actividades humanas. Evidentemente, el crecimiento demográfico, el desarrollo industrial, la deforestación, la agricultura desmedida, la explotación minera, las actividades agropecuarias, entre otras, ocasionan que la fauna acuática se vaya reduciendo y que su composición se vea alterada.

La Asamblea General de la ONU declaró el agua limpia, como un derecho importante para el ser humano, sin embargo, gran parte de la población tiene que sobrevivir y abastecerse con agua de mala calidad, que no es apropiada para ser consumida de forma directa. “Además, de acuerdo con estimaciones de la Organización Mundial de la Salud el 80% de las enfermedades se transmiten a través del agua contaminada” (OMS, 2019).

Según datos de la Ex Secretaría del Agua (SENAGUA):

Del 100% del agua distribuido para consumo humano en Ecuador, aproximadamente el 70% se encaminan hacia los sistemas de alcantarillado, de esta cantidad el 55,8% de las descargas son tratadas, y el 44,2% de aguas residuales se descargan en forma directa hacia pozos sépticos o canales, mediante un levantamiento de información que se realizó entre el 2013 y 2015, explica que las ciudades costeras o las cuencas de las zonas bajas normalmente son las más afectadas, ya que se encuentran en la desembocadura de los ríos; por lo general, el agua contaminada que no es tratada en las partes altas llega hasta estos puntos, causando graves daños a estos ecosistemas como al ser humano (Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua – Secretaría del Agua, s. f.).

Según el (GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2014) dice que:

“Más del 70% de agua presenta mala calidad y solo un 10% tiene excelente calidad y que esta se encuentra ubicada al inicio de las fuentes, ya que a medida que el agua circula a los recursos inferiores de la cuenca, se contamina progresivamente”.

El principal problema de este recurso hídrico ya mencionado se ve afectado por la contaminación generada por el aumento de la población y las actividades humanas, debido a que los desperdicios y las descargas de agua son vertidas directamente en la trayectoria del río sin ningún tipo de tratamiento y dichos contaminantes lo han ido afectando paulatinamente, es de gran importancia tomar en cuenta la calidad de agua que ofrece el cauce, ya que esta también se la utiliza como regadío para las zonas agrícolas, cuyos productos son utilizados para el consumo humano y de esta forma afecta y pone en riesgo la salud de las personas y de la flora y fauna de los ecosistemas acuáticos.

6. OBJETIVOS

6.1. General

Determinar la calidad del agua mediante la utilización de bioindicadores (macroinvertebrados) y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del río Yanayacu, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, periodo 2020 - 2021.

6.2. Específicos

- Identificar los puntos de muestreo, mediante georreferenciación del área en el río Yanayacu.
- Caracterizar taxonómicamente los bioindicadores (macroinvertebrados) acuáticos, muestreados en los tres puntos de estudio del río Yanayacu.
- Analizar la calidad de agua del río Yanayacu, mediante el empleo de Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de Calidad de Agua ICA - NSF para su comparación con la normativa ambiental vigente.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2

Matriz de Actividades por Objetivo

Objetivos	Actividades	Resultados	Descripción
Delimitar los puntos de muestreo, mediante georreferenciación del área en el río Yanayacu.	-Visita in situ al área de estudio. -Selección de los puntos de estudio de acuerdo a la situación actual que presentó el área.	- Georeferenciación de los tres puntos de estudio (Afloramiento, cauce intermedio y desembocadura). -Mapa delimitado del río Yanayacu.	Descripción del sitio de estudio y elaboración del mapa con el Software ArcGIS.
Caracterizar taxonómicamente los bioindicadores (macroinvertebrados) acuáticos, muestreados en los tres puntos de estudio del río Yanayacu.	-Recolección de macroinvertebrados. -Identificación y clasificación de macroinvertebrados en el laboratorio.	-Listado de macroinvertebrados identificados. -Cantidad e individuos de bioindicadores hallados en los puntos de estudio.	Se muestrearon en los tres puntos de estudio, donde se recolectaron los macroinvertebrados con la ayuda de una red patada y pinzas, los bioindicadores se clasificaron según su taxonomía (orden, género y familia) con la presencia de una guía taxonómica y un microscopio.

<p>Analizar la calidad de agua del río Yanayacu, mediante el empleo de Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) y el Índice de calidad de Agua (ICA, NSF) para su comparación con la normativa ambiental vigente (TULSMA).</p>	<p>-Cálculo de los índices biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver).</p> <p>-Muestreo de agua para los análisis Físico-Químicos y Microbiológicos.</p> <p>-Cálculos de los Índices de calidad de Agua (ICA, NSF) y comparar con la normativa ambiental.</p>	<p>-Resultado de la calidad de agua obtenida de los cálculos de los Índices Biológicos.</p> <p>- Calidad de agua de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos obtenido por el ICA NSF.</p>	<p>-Cuantificación de bioindicadores acorde a su clasificación taxonómica para el cálculo de los índices BMWP, ABI, E.P.T y Shannon - Weaver, con el uso de tablas y la aplicación de fórmulas.</p> <p>-Recolección de las muestras de agua y envío al laboratorio para el análisis Físico – Químicos y Microbiológico.</p>
---	---	---	---

Elaborado por: Equipo de investigación.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1. Características del agua en función del desarrollo industrial y la contaminación.

El agua es un recurso natural muy importante y cuyo uso hay que saber racionalizar para la sostenibilidad del planeta. La progresiva preocupación mundial se ha plasmado en diversas conferencias sobre el agua. Por otra parte, la conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo permitió la adopción de la Agenda 21 que, con sus propuestas de acción en el ambiente de agua dulce, contribuyó a movilizar a la población a favor del cambio y favoreció la evolución de las prácticas de gestión de agua (Alvero et al., 2012).

La Constitución del Ecuador habla del derecho humano al agua como un derecho fundamental e irrenunciable (Art. 12). El Estado también garantiza otros derechos sociales.

Existe una visión integrada de estos derechos, pues la salud humana se vincula al “derecho al agua, la alimentación, la cultura, el trabajo, la seguridad social, la educación, ambientes sanos y otros que mantienen el Buen Vivir”(Borja, s. f.).

8.2. Calidad del Agua

La calidad del recurso hídrico influye mucho en los usos del agua de lagos, ríos, mares y otras fuentes de agua superficiales o subterráneas. La valoración de la calidad de las aguas es una materia difícil, en la que se discute cuáles son los mejores indicadores para evaluar el estado del agua. El problema consiste fundamentalmente en la definición que se haga del concepto “calidad del agua”. Se puede entender la calidad como la capacidad propia que tiene el agua para responder a los distintos usos que se podrían obtener de ella (Díaz-Cassou et al., 2018).

La calidad del agua es uno de los factores determinantes para el bienestar humano. Las enfermedades que son propagadas por agua contaminada con materia fecal, perjudicaron a la población de ciudades enteras. Actualmente, el agua insalubre que es contaminada por fuentes naturales o humanas sigue causando disminución en la calidad de agua y por ende la vida de los seres vivos (Baque et al., 2016).

8.2.1. Contaminación del Agua

Ecuador, es un país abundante en recursos hídricos, en la cual la interacción del ser humano con la biosfera causa problemas que están asociados con la contaminación del agua, el aire y el suelo, cuyos elementos influyen en la pérdida de fauna y flora endémica. Estos son interrogantes para la ecología y la bioética dentro de la Pachamama. En América Latina, el reconocimiento del agua como un derecho humano esencial para la subsistencia y como sujeto de derecho a la naturaleza dentro del marco constitucional del pluralismo jurídico establece un paso para precaver la seguridad hídrica que garantice el verdadero goce y ejercicio de los derechos.

La contaminación del agua es la acción y el efecto de introducir sustancias o provocar condiciones que de modo directo o indirecto impliquen una alteración que dañe su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica el origen de estas viene a ser: precipitación atmosférica, escorrentía agrícola, escorrentía superficial de zonas urbanizadas, vertidos de agua procedentes del uso doméstico, descargas de vertidos industriales entre otros (Ramos, 2016).

8.3. Causas de la Contaminación del Agua

Según (Rodríguez, 2009) menciona que:

La actividad humana causa una alta presión sobre la disponibilidad del recurso hídrico a causa de los asentamientos humanos, zonas agrícolas, los centros industriales y los turísticos, requiere de un gran esfuerzo para poder proveerla en cantidad y con calidad adecuada. Ya que es un consecuente problema y provoca la contaminación del agua.

La calidad de cualquier cuerpo de agua, subterránea o superficial depende de factores naturales como de la acción humana. El principal problema con relación a la calidad de agua lo constituye la eutrofización, que es el resultado del aumento de los niveles de nutrientes (generalmente fósforo y nitrógeno) afectando fundamentalmente a los usos del agua. Los valores altos de nutrientes provienen de la escorrentía agrícola y de las aguas residuales domésticas (también fuente de contaminación microbiana), de efluentes industriales y emisiones a la atmósfera procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de incendios forestales (ONU-DAES, 2015).

8.4. Fuentes de la Contaminación del Agua

Son múltiples, las fuentes de contaminación se atribuyen generalmente a tres sectores el sector social, debido a la producción de residuos de origen doméstico y público; el sector agropecuario, debido principalmente al uso de insecticidas y abonos químicos y el sector industrial, debido a la presencia de desechos directos a los sistemas de drenaje la lluvia ácida y otros (Ávila et al., 2018).

8.4.1. Fuentes Industriales

Son descargas que se originan por el desarrollo de actividades como la extracción y transformación de recursos naturales en bienes de consumo y satisfactores para la población, esta actividad está integrada por una variedad

muy amplia de procesos como la industria química, petroquímica, de los plásticos, de ensamble electrónico, la metalúrgica, entre otros (Mata Echeverría, 2014).

8.4.2. Fuentes Domésticas

Están constituidas por aguas residuales municipales (llevado de baño, ropa, desperdicios de cocina, limpieza y preparación de alimentos y lavado de loza, etc.) Las aglomeraciones urbanas de la población constituyen una de las mayores fuentes de contaminación, esto debido a los grandes volúmenes de agua residuales domésticas producidas, las cuales, en su gran parte, son colectadas por los sistemas de alcantarillado (Olmos, 2003).

8.4.3. Fuentes Agrícolas

En varios países, la mayor fuente de contaminación del agua es la agricultura moderna que es responsable del vertido de grandes cantidades de agroquímicos, sales, sedimentos y materia orgánica en las fuentes hídricas que son contaminados por actividades agrícolas insostenibles las cuales proyecta una grave amenaza para los ecosistemas del planeta y por ende la salud humana (FAO, 2018).

La contaminación del agua del río Yanayacu hace referencia a la alteración de propiedades físico-químicas, por lo general producto directo o indirecto de las actividades humanas, de tal forma que estas aguas no son aptas para el consumo de los seres humano y de los animales, además de no ser apta para el uso recreativo, industrial, agrícola. Los principales contaminantes que afectan al río vienen a ser muchos los cuales son: Pesticidas y fertilizantes por uso de los pobladores que se encuentran a los alrededores del río, explotación forestal, productos químicos, industria y plástico, productos para el hogar y

alcantarillados, han sido principales contaminantes del agua (Arco García, 2015).

8.5. Bioindicadores

8.5.1. *Bioindicadores de la Calidad de Agua*

El empleo de bioindicadores en diversos países está enfocado no solo para medir la salud del ecosistema acuático, sino también para determinar el impacto potencial al ámbito humano, especialmente el económico. Un indicador es, pues, un organismo selecto por el grado de sensibilidad o tolerancia a diversos tipos de contaminación o sus efectos (Ríos-Tobón et al., 2017).

Existen diferentes grupos de organismos acuáticos con distintos factores abióticos del medio, mostrando como resultado una caracterización de la calidad de agua. De esta manera se puede elegir diversos grupos taxonómicos relevantes, que, por sus características biológicas y ecológicas intrínsecas, actúan como bioindicadores, ya que estos reflejan la calidad del vital líquido. Aquí se enfatiza la importancia, dado que los organismos acuáticos viven en buenas condiciones físico-químicas, y a menudo predecibles, cualquier alteración antropogénica en el medio repercutirá en su distribución y supervivencia. Este suceso permitirá que precisamente algunos de estos organismos puedan ser usados como bioindicadores (Roldán-Pérez, 2016).

8.5.2. *Macro Invertebrados Acuáticos*

“En el control y vigilancia de la contaminación, basados en los organismos como bioindicadores”: Existen diferentes metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos como son los macroinvertebrados, las razones fundamentales de esta preferencia radica en su tamaño relativamente grande y estos a la vez proporcionan excelentes señales sobre la calidad de agua

por lo que nos proporciona el estado actual en el que se encuentra el cauce (Hanson et al., 2010).

Dentro de los recursos hídricos continentales, se ha tenido una gran atención a los bioindicadores macroinvertebrados, por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que realiza como transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (semillas, hojas, ramas, troncos caídos, etc.) principal acceso de energía a los sistemas fluviales (Martínez, 2014).

Es un hecho que la composición de comunidades de macroinvertebrados refleje la calidad de los ecosistemas acuáticos, es por esto que los métodos de evaluación basados en los vertebrados han sido ampliamente utilizados desde varias décadas como una parte integral del monitoreo de calidad de agua. Los países que conforman la Unión Europea y Norte América han sido los líderes en este proceso (Roldán-Pérez, 2016).

(Castro et al., 2014) afirma que:

Los macroinvertebrados son considerados como los mejores indicadores de calidad de agua ya que son abundantes, de amplia distribución y fáciles de recolectar; la mayoría de vertebrados son sedentarios y, por lo tanto, reflejan las condiciones de su hábitat; además representan los efectos de las variaciones ambientales de corto tiempo; son relativamente fáciles de identificar; proporcionan información para integrar efectos acumulativos; poseen ciclos de vida que son largos (meses y/o semanas); se logra identificar a simple vista; se pueden cultivar en el laboratorio; responden rápidamente a los tensores ambientales y varían un poco genéticamente.

Al utilizar bioindicadores a nivel de comunidad se necesita la transformación de los datos como (presencia o abundancia de los diferentes taxa) en alguna expresión sintética de los mismos, así como también el número total de diversidad o taxa, entre otros. A dichas expresiones se les nombra comúnmente Métricas y estas pueden ser, cualitativas (como ejemplo, el número total de taxa) o cuantitativas. La última categoría mencionada comprende por lo tanto las que usan datos semicuantitativos (como por ejemplo rangos de abundancia o la abundancia relativa) o aquellos que operan con datos de abundancia absoluta (como individuos por metro cuadrado o individuos recolectados por unidad de tiempo) (Gutiérrez et al., 2004).

8.6. Índices de Calidad de Agua

8.6.1. *Índices Biológicos*

El control de la calidad del recurso hídrico de los ecosistemas acuáticos se ejecuta mediante el uso conjunto de diferentes tipos de análisis fisicoquímicos e índices biológicos. Los análisis biológicos son el único método existente para la identificación y cuantificación de contaminantes, pero sólo proporcionan valores de calidad instantánea del agua (Álvarez-Arango, 2005).

8.6.2. *Índice B.M.W.P (Biological Monitoring Working Party)*

En 1970 el Biological Monitoring Working Party estableció en Inglaterra un método simple de puntaje para todos los grupos de macroinvertebrados reconocidos hasta el nivel de familia y que requiere sólo datos cualitativos (presencia/ausencia) el puntaje para este índice va de 1 (tolerantes a la contaminación orgánica) y diez (sensibles a las alteraciones ambientales) (Pérez, 2003).

El índice **BMWP** actúa como sensor ambiental, para conocer los microhábitats existentes es necesario realizar un recorrido visual del tramo del río a estudiar. Para la captura de los macroinvertebrados las redes a utilizar deben tener un tamaño de malla que no supere las 300 (Rosas-Acevedo et al., s. f.).

Tabla 3

Puntaje Asignado a Cada Familia de Macroinvertebrados Acuático de Acuerdo al Índice BMWP

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectilidae, Blepharoceridae, Calomaceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcydae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopsidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Dugesiidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3

Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae.	1

Nota. (Toledo & Mendoza, 2016)

Tabla 4

Valores Designados por el Método BMWP

Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	>150	Aguas muy limpias	Azul
		101 a 120	Agua no contaminadas o no alteradas de modo sensible	
II	Aceptable	61 a 100	Se evidencia algunos efectos de contaminación	Verde
III	Dudosa	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Crítica	15 a 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Nota. (Roldán-Pérez, 2016)

8.6.3. El Índice ABI (Andean Biotic Index)

En general, ABI incluye menos familias de macroinvertebrados que en otras regiones del mundo donde se ha aplicado el índice BMWP porque la altitud restringe la distribución de varias familias. Nuestra revisión muestra que, en los altos Andes, la tolerancia de varias familias de vertebrados a la polución difiere de las reportadas en otras áreas (Ríos-Touma et al., 2014).

“Este indicador mejora su fiabilidad al combinar la diversidad y abundancia de los taxones con valores de tolerancia e intolerancia de los macroinvertebrados hacia las perturbaciones que puedan existir” (Bersosa-Vaca, s. f.).

Tabla 5

Puntaje para Macro Invertebrados Acuáticos Según la Propuesta del Índice ABI.

Orden	Familia	Puntuación	Orden	Familia	Puntuación
Tricladida	Planariidae	5	Trichoptera	Helicopsychidae	10
Hirudinea	-	3		Calamoceratidae	10
Oligochaeta	-	1		Odontoceridae	10
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Leptoceridae	8
Amphipoda	Hyaellidae	6		Polycentropodidae	8
Ostracoda	-	3		Hydroptilidae	6
Hydracarina	-	4		Xiphocentronidae	8
Ephemeroptera	Baetidae	4		Hydrobiosidae	8
	Leptophlebiidae	10		Glossosomatidae	7
	Leptohephidae	7		Hydropsychidae	5
	Oligoneuridae	10		Anomalopsychidae	10
Odonata	Aeshnidae	6		Philopotamidae	8
	Gomphidae	8		Limnephilidae	7
	Libellulidae	6	Coleoptera	Ptilodactilidae	5
	Coenagrionidae	6		Lampyridae	5
	Calopterygidae	8		Psephenidae	5
	Polythoridae	10		Scirtidae	5
Diptera	Blepharoceridae	10		Staphylinidae	3
	Simuliidae	5		Elmidae	5
	Tabanidae	4		Dryopidae	5
	Tipulidae	5		Gyrinidae	3
	Limoniidae	4		Dytiscidae	3
	Ceratopogonidae	4		Hydrophilidae	3
	Dixidae	4		Hydraenidae	5
	Psychopodidae	3	Heteróptera	Veliidae	5
	Dolichopodidae	4		Gerridae	5
	Stratiomyidae	4		Corixidae	5

	Empididae	4		Notonectidae	5
	Chironomidae	2		Belostomatidae	4
	Culicidae	2		Naucoridae	5
	Muscidae	2	Gastropoda	Ancylidae	6
	Ephydriidae	2		Physidae	3
	Athericidae	10		Hydrobiidae	3
	Syrphidae	1		Lymnaeidae	3
Plecoptera	Perlidae	10		Planorbidae	3
	Gripopterygidae	10	Lepidoptera	Pyralidae	4

Nota. (Acosta et al., 2009)

Tabla 6

Puntajes para Calidad del Agua Según el Índice ABI

Calidad de Agua	Puntuación
Muy bueno	> 96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	< 14

Nota. (Acosta et al., 2009)

8.6.4. Índice E.P.T (*Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera*)

Según (Robles et al., 2011) dice que:

El índice E.P.T utiliza tres grupos de macroinvertebrados que son más sensibles a la contaminación orgánica, son los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, y Trichoptera. Este cálculo consiste en dividir el número de E.P.T presentes en la muestra para la cantidad total de organismos de la muestra:

Dónde:

$$\mathbf{IEPT} = (\mathbf{NEPT}/\mathbf{N}) * 100$$

IEPT = índice E.P.T

NEPT = Número total de individuos E.P.T en la muestra

N = Número total de individuos presentes en la muestra

Tabla 7

Cuadro de Identificación de Calidad de Agua en Función del Índice E.P.T

Clase	Índice E.P.T (%)	Calidad de Agua	Color
1	75-100	Muy buena	Azul
2	50-74	Buena	Verde
3	25-49	Regular	Naranja
4	0-24	Mala	Rojo

Nota. (Gamboa et al., 2008).

8.6.5. Índice de Diversidad de SHANNON-WEAVER

“El índice de diversidad refleja heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: El número de individuos presentes y su abundancia relativa. Esta es una medida del nivel de incertidumbre que es asociada a la selección aleatoria de un individuo en la comunidad”(Pla, 2006).

El Índice de Diversidad de Shannon – Weaver reúne en un solo valor que es la diversidad y la riqueza específica de la especie por lo que el valor obtenido del índice de forma separada no muestra la importancia relativa de la riqueza, puesto que en un mismo índice de diversidad se puede obtener un grupo con baja riqueza y alta diversidad (Moreno, 2001).

Las especies presentes no son necesarias de identificar; ya que basta solo con distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y por ende el recuento total. Una de las funciones que reúnen estas características es la función **H**.

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

Dónde:

S= número de especies (la riqueza de especies)

P_i= proporción de individuos de la especie (i) respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie)

n_i= número de individuos de la especie

n= número de todos los individuos de todas las especies.

8.6.6. *Índice de Calidad de Agua Físico-Químico.*

Los índices son unos valores numéricos que tratan de englobar las magnitudes de varios parámetros, en sus mayores partes físicos y químicos, aunque en algunos casos incluyen también alguna medida microbiológica, considerados como los más importantes para definir la calidad de un agua (MARCOS et al., 2004).

8.6.7. *Índice de Calidad de Agua ICA*

En nuestro país cuenta con un método estandarizado para medir la calidad del agua, denominado Índice de Calidad de Agua (ICA). El cual está siendo aplicada por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y la Comisión Nacional del Agua (CNA) (Sánchez, 2007).

Para determinar el ICA intervienen 9 parámetros, que son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5 en mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % de saturación) (Vizcaíno, s. f.).

El “ICA” para condiciones óptimas adopta un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el curso de agua en estudio. Seguidamente se realiza el cálculo del ICA de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

Tabla 8

Clasificación del “ICA” Propuesto por Brown

Calidad del agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota. (Gutiérrez J. & García J., 2014)

8.7. Parámetros de Calidad de Agua

8.7.1. *Temperatura (° T)*

“La temperatura es un parámetro que influye en la absorción de oxígeno, en el retraso o aceleración de actividades biológicas, la formación de depósitos, la precipitación de compuestos, la desinfección y los procesos de floculación, mezcla, sedimentación y filtración” (Pradillo, 2016).

La temperatura es una de las variables más significativas en los cuerpos de agua, y sirve para indicar la estabilidad ecológica del sistema. Además, las variaciones de este parámetro generan un cambio en el ambiente de desarrollo de la fauna y flora presentes en el agua; elevando el potencial tóxico de ciertas sustancias disueltas en el agua (Gualdrón Durán, 2016).

8.7.2. *Turbidez*

La turbidez es la medida del grado en la que el agua disipa su transparencia, esto debido a la presencia de partículas en suspensión. La turbidez también puede impactar los ecosistemas acuáticos al afectar la fotosíntesis (limita el paso de la luz solar), la respiración y la reproducción de la vida acuática. Hay varios parámetros que influyen en la turbidez del agua como los fitopláctones (plantas microscópicas), las partículas de suelo que se encuentran suspendidas en el agua por la erosión, sedimentos depositados en el interior del río, descargas directas a cuerpos de agua, escorrentía urbana, crecimiento de las algas. El principal impacto es meramente estético, pero, además, es fundamental eliminar la turbiedad para desinfectar efectivamente el agua que será utilizada para ser bebida (C. González, 2011).

8.7.3. *Potencial de Hidrógeno (pH)*

El pH es un parámetro fundamental, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH. Así como el cloro, que reacciona solo cuando tiene un pH entre 6,5 y 8. Las fuentes de agua dulce que contienen un pH < 5,0 o > 9,5 no soportan la vida ya sea vegetal o especies animales. Los cambios o variaciones que ocurren en el pH pueden alterar la concentración de otras sustancias en el agua modificando el nivel de toxicidad (Lenntech, 2017).

8.7.4. *Oxígeno Disuelto (OD)*

El Oxígeno disuelto muestra un indicativo de la contaminación que presenta el agua y del soporte que ésta puede dar para el crecimiento y reproducción animal y vegetal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto muestra un agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiados bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir (Gualdrón Durán, 2016).

8.7.5. *Nitratos*

Los Nitratos no tienen sabor ni color y es reconocido mundialmente como un contaminante de las aguas para consumo humano. Las fuentes de contaminación por nitratos provienen del uso de fertilizantes agrícolas, pesticidas, residuos animales, y siembras de legumbres que capturan nitrógeno atmosférico depositándolo en la tierra (Donoso M. et al., 2018).

Según (Wolff et al., 2013) “Beber agua con altos niveles de nitratos puede causar problemas agudos en la salud, dependiendo del tiempo de exposición. Infantes de 6 meses o de menos, y mujeres embarazadas, deben evitar el consumo de agua con altos niveles de Nitrato”.

8.7.6. Fosfatos

El ion fosfato muchas veces suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que al existir una mayor concentración de fosfatos (PO_4^-), las algas se desarrollan de una manera descontrolada, de tal forma que afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua, y por lo tanto, el crecimiento excesivo de materia orgánica viva, acción que conlleva a un incremento en la descomposición, y por último orienta a un proceso franco de eutrofización (Bolaños-Alfaro et al., 2017).

El fósforo es un elemento que se introduce al agua de manera natural por medio del metabolismo de animales y vegetales, transporte de nutriente desde el suelo y lixiviación de las rocas; es por esto que cuando se detectan en cuerpos de agua concentraciones elevadas de fosfato, se relaciona con el aporte de actividades humanas como es la agricultura y vertimientos domésticos e industriales (Caho-Rodríguez & López-Barrera, 2017).

8.7.7. Sólidos Totales Disueltos (TDS).

Los sólidos totales disueltos es una medida de la cantidad de material disuelto en una fuente hídrica. Estos materiales pueden incluir los siguientes: carbonato, bicarbonato, cloruro, sulfato, fosfato, nitrato, calcio, magnesio, sodio, iones orgánicos, y otros iones. Cierta nivel de estos iones en el agua es necesario para la vida acuática. A pesar de ello, si las concentraciones de TDS son demasiado altas o demasiado bajas, el crecimiento de la vida acuática puede ser limitado, y la muerte puede ocurrir (Red de Información Sustentable del Área de Boulder, 2020).

8.7.8. *Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

La DQO es un parámetro que mide la cantidad de oxígeno que se necesita para poder oxidar o degradar toda la materia orgánica que se encuentra en un agua residual. Es por lo tanto una medida representativa de la contaminación orgánica de un efluente siendo este un parámetro a controlar dentro de las diferentes normativas de vertidos y que nos da una idea real del nivel de toxicidad del mismo. Existen varias formas de disminuir la DQO como los tratamientos físico químicos, la electrocoagulación y el ozono (Hidritec, 2011).

8.7.9. *Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)*

La DBO es la cantidad de oxígeno necesaria para que los microorganismos puedan degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual. Es por lo tanto una medida del componente orgánico que puede ser degradado por medio de procesos biológicos. Por lo tanto el DBO representa la cantidad de materia orgánica biodegradable mientras que el DQO representa tanto la materia orgánica biodegradable como la no biodegradable (Hidritec, 2011).

8.7.10. *Coliformes Totales*

El grupo de coliformes totales son todas las bacterias Gram negativas que tienen forma bacilar y fermentan la lactosa a una temperatura de 35 a 37 °C, produciendo ácido y gas (CO₂) en 24 horas, son oxidasa negativa, aerobias o anaerobias facultativas, no forman esporas y presentan actividad enzimática de la B - galactosidasa. En este grupo de coliformes está *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Enterobacter* y *Klebsiella* (Moposita, 2015).

8.7.11. Coliformes Fecales

Los coliformes fecales son microorganismos que tienen una estructura parecida a la de una bacteria común llamada *Escherichia coli* y se transmiten, normalmente, en el intestino humano y en el de otros animales. Existen distintos tipos de *Escherichia*; algunos no causan ningún daño en condiciones normales y otros incluso pueden ocasionar la muerte. Las formas patógenas de *Escherichia* y de otras bacterias (se denominan genéricamente coliformes fecales por tener una forma parecida) estas se transmiten, entre otras vías, por medio de las excretas, y comúnmente, por la ingestión o el contacto con agua contaminada (Mora & Calvo, 2010).

9. MARCO LEGAL

9.1. Constitución de la República del Ecuador.

La (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008) dice que:

Art.12.- El estado dice que el derecho humano al agua es un elemento fundamental e irrenunciable. El agua constituye el patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescindible, inembargable y muy esencial para la vida (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Art.14.- El estado reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *Sumak Kawsay* (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008)

Art. 411.- El estado garantiza en este artículo la protección, conservación, recuperación y manejo integral de todos los recursos hídricos. Además, el estado regulará todas aquellas actividades que puedan dañar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las

fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de todos los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

9.2. Código Orgánico Ambiental.

El (Código Orgánico del Ambiente (COA), 2017) dice:

Art.191.- Las instituciones competentes en la materia promoverán y fomentarán la generación de información, así como la investigación sobre la contaminación atmosférica, cuerpos hídricos y al suelo, con el fin de determinar sus causas, efectos y alternativas para su reducción (Código Orgánico del Ambiente (COA), 2017).

Art.209.- La Autoridad Ambiental Nacional expedirá mediante este artículo las normas técnicas y los procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de descargas, emisiones y vertidos. Los respectivos análisis se realizarán en laboratorios públicos o privados de las universidades de educación superior acreditados por la entidad nacional de acreditación (Código Orgánico del Ambiente (COA), 2017).

9.3. Reglamento del Código Orgánico Ambiental

El (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA), 2019) afirma:

Art.482.- El sistema de control ambiental permanente, está constituido por varias herramientas de gestión que permiten realizar seguimiento y control sistemático y permanente, continuo o periódico del cumplimiento de los requisitos legales y normativos, así como de las autorizaciones ambientales (Reglamento al Código Orgánico del Ambiente (RCOA), 2019).

9.4. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013

Agua. Calidad del agua. Muestreo. Manejo y Conservación de Muestras (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169, 2013):

➤ **Tipos de recipiente**

El recipiente o frasco que va llevar la muestra, no debe:

- Ser causa de contaminación por lixiviación de componentes inorgánicos de envases de vidrio como (los de sodio-cal o los de borosilicato, que pueden incrementar el contenido de sodio y silicio), compuestos orgánicos de plástico y metales.
- Absorber o adsorber los constituyentes a ser determinados (ejemplo: las partículas de metales pueden ser adsorbidas sobre la superficie de los frascos de vidrio, esto se evita acidificando las muestras).
- Reaccionar con ciertos constituyentes de la muestra (ejemplo: los fluoruros que reaccionan con el vidrio).
- Contener una superficie a la que no se puedan aplicar ciertos métodos de limpieza y tratamiento con el fin de reducir la contaminación de la muestra por trazas de constituyentes.

➤ **Preparación de recipientes**

- Los frascos a utilizar deben estar totalmente limpios y libres de cualquier sustancia que pudiese alterar la muestra.

➤ **Llenado del recipiente**

- En las muestras para determinar los parámetros físicos y químicos, los frascos se deben llenar completamente y taparlos de manera adecuada para que no exista aire encima de la muestra. De tal manera que limite la interacción de la fase gaseosa y la agitación a lo largo de su transporte (evitando que se modifique el contenido de dióxido de carbono y la variación del pH y color, etc.).
- No se deben llenar completamente los recipientes de las muestras que van a ser congeladas como método de conservación,

➤ **Refrigeración y congelación de las muestras:**

- Se deben guardar las muestras a temperaturas más bajas que la temperatura a la que se recolectó. Los frascos no se deben llenar completamente.
- La refrigeración de las muestras es efectiva si se realiza inmediatamente después de la recolección. Debe usarse, refrigeradores de campo desde el lugar del muestreo.
- El enfriamiento (en refrigerador o baño de hielo a temperaturas entre 2 °C y 5 °C) y el almacenamiento en un lugar oscuro, muchas veces, es suficiente para la conservación de muestras durante su traslado al laboratorio y por un periodo corto antes del análisis. No se debe considerar el enfriamiento como un método de almacenamiento de largo tiempo, para aguas residuales domésticas e industriales.

➤ **Transporte de las muestras**

- Los frascos o recipientes que contienen las muestras deberán ser sellados y protegidos de tal manera que no se pierda o deteriore durante el transporte.
- El cooler debe proteger los frascos de la posible rotura y contaminación externa, en especial de la cercana al cuello y no deben ser causa de contaminación.
- Durante la transportación, las muestras deben estar protegidas de la luz y guardarse en un ambiente fresco; si es posible cada muestra se debe colocar individualmente.
- Si el transporte de la muestra excede el tiempo máximo de conservación antes del análisis, se detalla en las muestras el tiempo que ha transcurrido entre el muestreo y el análisis.

➤ **Rotulado**

- Los envases tienen que estar rotulados de forma clara y permanente, de tal manera que el laboratorio pueda identificar las muestras sin ningún error.
- Anotar, durante el muestreo los detalles que ayuden a una correcta interpretación de resultados (hora y fecha del muestreo, nombre de la persona que muestreó, cantidad de los conservantes adicionales y naturaleza, etc.).
- Los recipientes que contienen muestras especiales con material anormal, deberán estar marcadas claramente y acompañadas de la descripción de la

anomalía que fue observada. Aquellas muestras que tienen material peligroso deben identificarse claramente como tales.

10. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

10.1. Preguntas Científicas

- ¿Existe relación entre las comunidades de macroinvertebrados y las características ambientales del río Yanayacu?
- ¿Las actividades antrópicas de los efluentes del río, influyen en la composición y diversidad de la fauna de macroinvertebrados?

11. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

11.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

11.1.1. Método Cualitativo

El presente método se utilizó para la identificación taxonómica de los bioindicadores (macroinvertebrados) que fueron muestreados en los puntos de estudio (Afloramiento, cauce medio y desembocadura). Los cuales se observó con un microscopio en el laboratorio para obtener mejores resultados. Seguidamente se elaboró una guía rápida donde se encuentran cada uno de los individuos muestreados.

Al obtener los resultados de los puntos de estudio se pudo deducir que la población y la actividad económica cambian la calidad del agua durante la trayectoria del río.

11.1.2. Método Cuantitativo

Permitió registrar el total de individuos muestreados y posteriormente clasificarlas taxonómicamente por clase, orden y familia, los mismos que permitieron realizar los Índice

ABI y BMWP/col por medio de una puntuación ya establecida para cada índice. Para desarrollar el Índice E.P.T se utiliza el número de individuos pertenecientes únicamente al orden con el objeto de determinar la calidad de agua y para el Índice de diversidad de SHANNON-WEAVER se usó el número de macroinvertebrados encontradas por orden y familia para poder determinar la biodiversidad de cada individuo.

Esto sirvió para identificar la variedad de macroinvertebrados y conocer en qué estado se encuentra la calidad de agua del río Yanayacu, para que los moradores del sector puedan saber que agua están utilizando para el regadío de sus cultivos y de otras actividades.

11.1.3. Método Inductivo

El método en mención se utilizó fundamentalmente para determinar el grado de contaminación que presenta el río Yanayacu mediante la observación, la toma de muestras en los puntos de estudio y su posterior análisis de los resultados además permite efectuar la comparación con los límites máximos permisibles establecidos en el libro VI del TULSMA, con el fin de poder llegar a conclusiones que puedan derivar de ellos los fundamentos de una teoría.

Este método consta de 5 pasos de los cuales 4 fueron utilizados, como es la observación y registro del lugar de estudio e individuos encontrados, análisis de cada uno de ellos, el establecimiento de definiciones claras de cada individuo: clase, orden y familia, y finalmente la clasificación de la información obtenida para su posterior contrastación.

11.2. Técnicas

11.2.1. Técnica Documental

Esta técnica se utilizó para recopilar información bibliográfica a través de la lectura de documentos, libros, revistas, artículos científicos, etc., con el fin de dar a fondo el tema de investigación y poder enunciar las teorías que sustentan el estudio.

11.2.2. Técnica de Campo

La técnica de campo fue aplicada mediante una visita in situ, donde se estudió los puntos de estudio (Afloramiento, cauce intermedio y desembocadura) de acuerdo a la percepción visual y permitió enfocar los antecedentes de las actividades que se desarrollan en cada uno de los sitios de estudio.

11.2.3. Técnica de Observación de Laboratorio

La presente técnica sirvió para identificar mediante un microscopio los macroinvertebrados recolectados en cada uno de los puntos con la orientación de una guía taxonómica para su fácil descripción e identificación. Las cuales fueron registradas de manera sistemática para su análisis y elaboración de conclusiones.

11.3. Instrumentos

11.3.1. Libreta de Campo

Permitió registrar los datos que se tomaron en campo como (parámetro, número de muestra, nombre del investigador, coordenadas geográficas, temperatura, hora, fecha, método de toma, volumen de muestra recogido, actividades que se desarrollan en la zona, localización).

11.3.2. GPS

Es un instrumento que ayudó a determinar las coordenadas geográficas de los tres puntos de muestreo.

11.3.3. Microscopio

Este equipo sirvió para la observación de los individuos más pequeños obtenidos dentro del río.

11.3.4. Guía Taxonómica

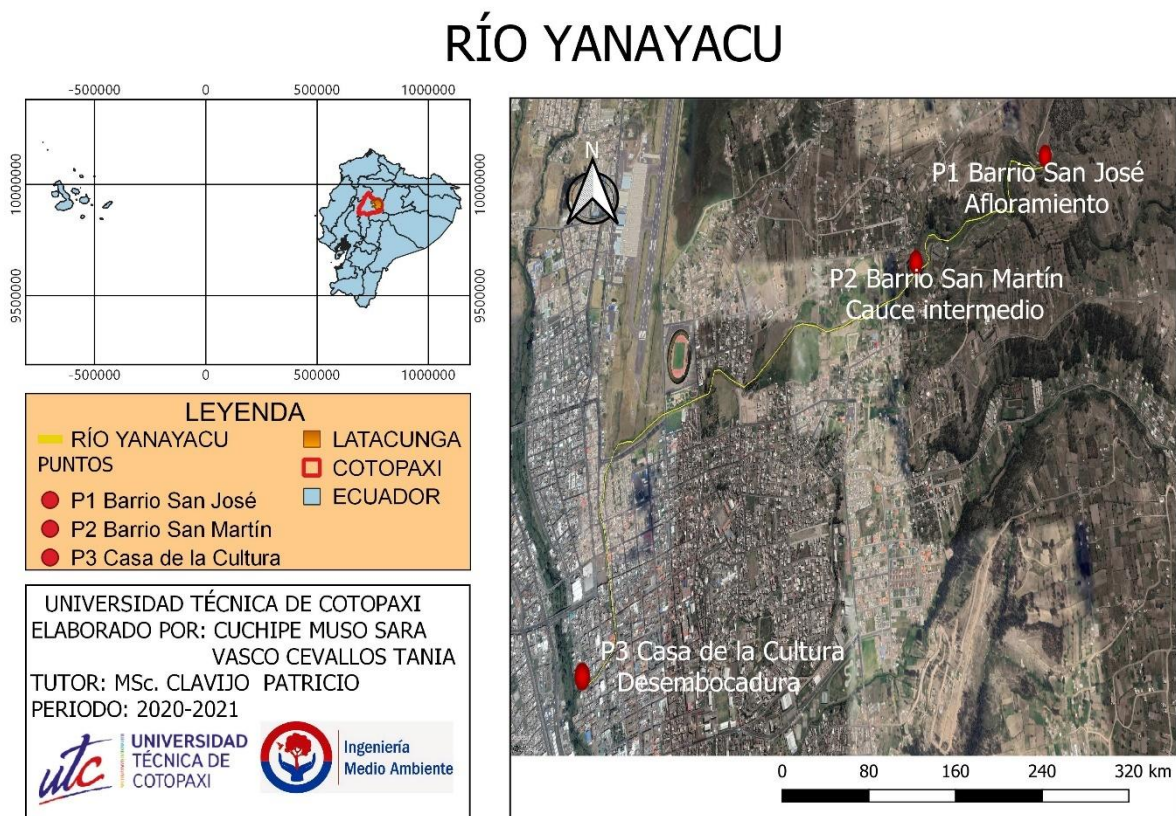
Ayudó a identificar el tipo de especie que se recolectó de acuerdo a su familia y género en el campo de muestreo.

12. DISEÑO EXPERIMENTAL

12.1. Descripción del área de estudio

Figura 1

Mapa de ubicación



Elaborado por: Equipo de investigación

12.2. Ubicación del estudio

La microcuenca del río Yanayacu se encuentra ubicada en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, se ubicó tres puntos estratégicos que se describen a continuación.

- El P1 (Afloramiento) seleccionado en las coordenadas X:768116.5; Y:9898604.4, desciende de las colinas del sector Este de la ciudad (Provincia de Napo). Se localiza en el cantón Latacunga específicamente en el Barrio San José.

Se definió el P1 de estudios en las coordenadas ya mencionadas debido al imperceptible desarrollo de las actividades antrópicas y asentamientos humanos cercanos que pudieran alterar la calidad del recurso hídrico.

- El P2 (Cauce intermedio) se encuentra en la Parroquia Juan Montalvo, Barrio San Martín en las coordenadas X:767136.8; Y:9898147.9. En su recorrido, atraviesa el centro urbano de la ciudad.

El P2 se definió debido a la presencia de asentamientos humanos que se encuentran alrededor del río y el centro de faenamiento que se localiza a unos metros del punto de estudio.

- El P3 (desembocadura) se encuentra en la Casa de la Cultura en las coordenadas X:764999.2; Y:9896598.1 al Oeste del cantón Latacunga (Parroquia La Matriz), antes de unir su caudal al río Cutuchi.

Se pudo evidenciar que las aguas que llegan al sitio de estudio (P3) son producto de aguas domésticas que son expulsadas directamente al río Yanayacu sin previo tratamiento. Estas aguas tienen un olor desagradable, además se puede observar la cantidad de residuos sólidos que contiene el río.

12.3. Descripción del sitio de estudio

La Microcuenca del río Yanayacu (término quichua que significa ‘agua negra’) en su recorrido, atraviesa el centro urbano de la ciudad de Latacunga hasta su confluencia en el río Cutuchi. La longitud de su cauce dentro del área urbana es de 4.3 km que va desde el Barrio San José hasta La Casa de la Cultura.

12.3.1. Aspectos físicos

Topografía. La fisonomía que presenta es típica de la zona andina, con presencia de pequeñas elevaciones, donde predominan los páramos, llanuras y mesetas, su topografía consiste de zonas de laderas y planicies. La combinación de altitud, orientación y pendiente crean nichos con buenos o malos suelos y potencial de retención de agua que determinan el potencial de cultivos (Calvopiña, 2015).

Hidrología. Esta Microcuenca está formada por un conjunto de efluentes, las mismas que facilitan el desarrollo del mismo y ayudan a la producción agrícola de la zona, tienen un flujo base sostenido como un resultado de la elevada capacidad de regulación del agua del mismo. Sin embargo, esta función está siendo amenazada por un incremento de la actividad humana durante los últimos años. Cada vez más, el río es usado para pastoreo intensivo de ganado, cultivos agrícolas entre otros (GAD Municipal del Cantón Latacunga, 2014).

Clima de la zona. Esta área de estudio consta con una temperatura de 15°C, está influenciada por los vientos provenientes de la zona norte y occidental y por la cercanía del volcán Cotopaxi, en la Sierra existen dos estaciones climáticas: el invierno (octubre a mayo) y el verano (junio a septiembre), que es la estación seca. La precipitación anual decrece hacia el interior, siendo a veces las medias anuales menores de 300 mm. Por encima de los 2.000 m son frecuentes las heladas, mientras que a partir de los 4.500 las cimas están permanentemente nevadas. El régimen del clima de la subcuenca del río Yanayacu corresponde al de la Zona Tropical Ecuatorial con las variaciones propias de la circulación atmosférica, está influido por los regímenes climáticos occidental y oriental que prevalecen a los largo del callejón interandino (Samaniego & Enrique, 2006).

Uso del suelo. Por sus características climáticas es apto para la agricultura, ganadería y actividades comerciales, entre las características del suelo tenemos las siguientes: (Recalde, s. f.)

- Profundidad. - Suelo profundo con dos tipos de horizontes A y B.
- Textura. - Arcillo – arenoso
- Estructura. - Columnar
- Drenaje. - Buena retención de humedad

12.3.2. Aspectos bióticos

Flora. Según (Lascano Reyes & Muñoz Cepeda, 2020) La flora de la parroquia Juan Montalvo tiene el tipo de vegetación Matorral Húmedo Montano cuya vegetación presente en las zonas altas y bajas son de carácter endémico, mismos que han sido afectadas por el avance de la frontera agrícola, debido a las especies introducidas, a continuación, se enlista la flora existente en el área de estudio:

Tabla 9

Flora

Vegetación Endémica		Especies Introducidas	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Ashpa chocho	<i>Lupinus pubescens</i>	Alfalfa	<i>Medicago sativa</i>
Chilca	<i>Baccharis polyantha</i>	Cebadilla	<i>Bromus catharticus</i>
Molle	<i>Schinus molle</i>	Maíz	<i>Zea mays</i>
Saúco	<i>Cestrum quitense</i>		
Capulí	<i>Prunus salicifolia</i>		
Cabuya	<i>Agave Ricinus</i>		
Higuerilla	<i>Communis</i>		
Sigse	<i>Cortadeira nitida</i>		
Eucalipto	<i>Eucalyptus globulus</i>		
Quishuar	<i>Buddleia incana</i>		

Nota. (GADML, 2016)

Fauna. En cuanto a la fauna de la parroquia Juan Montalvo posee especies representativas dependientes al piso climático en el que se desenvuelve, a más de la presencia de animales domésticos. Algunas especies importantes han ido desapareciendo de la zona a causa del avance de la frontera agrícola, pero principalmente por el crecimiento global (Lema & Soria, 2019).

Tabla 10

Fauna

Especies		Especies Domésticas	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Mamíferos			
Raposa	<i>Didelphis marsupialis</i>	Ganado ovino	<i>Ovis aries</i>
Ratón de campo	<i>Akodon mollis</i>	Ganado porcino	<i>Sus scrofa domesticus</i>
Conejo silvestre	<i>Sylvilagus brasiliensis</i>	Ganado equino	<i>Equidae</i>
Lobo de páramo	<i>Lycalopex culpaeus</i>	Gallinas	<i>Gallus domesticus</i>
Chucuri	<i>Mustela frenata</i>	Ganado vacuno	<i>Bovinae</i>
Aves			
Torcaza	<i>Columba fasciata</i>		
Mirlo	<i>Turdus fuscater</i>		
Gorrión	<i>Passer domesticus</i>		
Anfibios y Reptiles			
Sapo común	<i>Eleutherodactylus unistrigatus</i>		
Guagsa	<i>Stenocercus quentheri</i>		
Lagartija	<i>Alonis gemmosus</i>		

Nota. (Ministerio del Ambiente, 2019)

12.4. Fase de campo

12.4.1. Muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados se realizó mediante el método empleado en aguas lénticas o de poca corriente y fue desarrollado en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero en los puntos georeferenciados que se muestran en la tabla 9.

Tabla 11

Ubicación de los Puntos de Monitoreo en la Microcuenca del río “Yanayacu”

Código	Río	Ubicación	Puntos	Coordenadas
P1	Yanayacu	Barrio San José	Afloramiento	768116.5; 9898604.4
P2	Yanayacu	Barrio San Martín	Cauce intermedio	767136.8; 9898147.9
P3	Yanayacu	Casa de la Cultura	Desembocadura	764999.2; 9896598.1

Elaborado por: Equipo de investigación

12.4.2. Técnica de muestreo de macroinvertebrados en aguas poco profundas.

Materiales

- Botas y guantes
- Red patada
- Bandeja blanca
- Pinzas metálicas
- Frascos de vidrio o de plástico.
- Alcohol al 70%
- Etiquetas
- Cooler

Procedimiento. En cada uno de los sitios de muestreo se realizó los siguientes pasos:

- El muestreo de macroinvertebrados se realizó con la ayuda de dos personas, uno de los miembros que con la fuerza de sus extremidades inferiores y superiores levantó y agitó las piedras y arena que se encontraban asentadas en el fondo del río, mientras que el otro colocó la red en el río para atraparlos.
- Los sedimentos atrapados en la red fueron colocados en una bandeja blanca para separar los macroinvertebrados de hojas, palos, piedras, etc.
- Con la ayuda de unas pinzas se colocó los macroinvertebrados muestreados en frascos con alcohol al 70%.
- Los frascos etiquetados fueron colocados en un cooler y transportados al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi para su posterior identificación.

12.4.3. Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico - Químicos y microbiológico.

El procedimiento de la toma de muestras de agua para el respectivo análisis Físico-Químico y Microbiológico fue basado en la (Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169, 2013):

Materiales

- Recipientes de vidrio o plástico.
- Termómetro industrial
- Cooler
- Botas y guantes
- Libreta de campo
- Etiquetas

Procedimiento. En cada uno de los sitios de muestreo se realizó los siguientes pasos:

- Antes de recolectar la muestra se procedió a lavar el recipiente 3 veces seguidas con el agua del río, a excepción de la muestra para análisis microbiológicos o recipientes que contengan reactivos de preservación.
- La botella fue llenado y tapado de manera inmediata.

- Una vez recogida la muestra se rotuló de manera clara con una etiqueta, y seguidamente se colocó en un cooler para su posterior transporte.
- Desde su obtención se conservó las muestras a una temperatura entre 2 °C y 5 °C y protegida de la luz solar.
- Las muestras fueron transportadas como lo establece la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169, 2013 para su posterior recepción en el laboratorio y respectivo análisis.

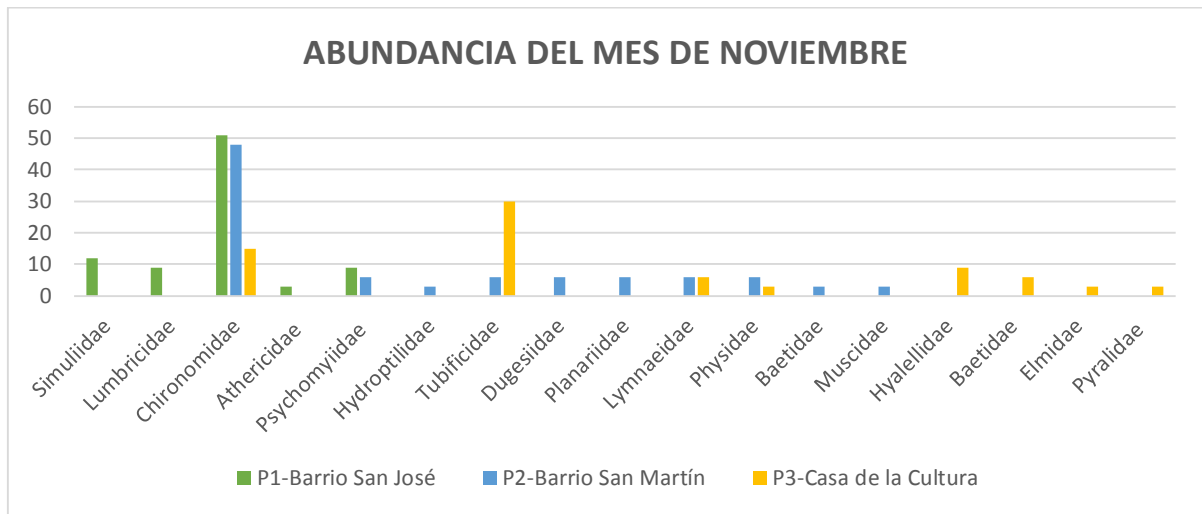
13. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tabla 12

Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Yanayacu correspondiente al mes de Noviembre

Microcuenca del río Yanayacu								
Punto de muestreo	BMWP /col	Calidad del Agua					ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
		Calidad	ABI	Calidad	% E.P.T	Calidad		
P1- Barrio San José	29	Crítica	19	Mala	11%	Mala	1,7	Media
P2- Barrio San Martín	44	Dudosa	32	Mala	13%	Mala	2,5	Media
P3- Casa de la Cultura	31	Crítica	28	Mala	8%	Mala	2,5	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Figura 2*Familias de Macroinvertebrados Muestreados en el Mes de Noviembre***Elaborado por:** Equipo de investigación

13.1. Interpretación de resultados del mes de Noviembre

En el mes de Noviembre de acuerdo al índice BMWP/col en el Barrio San José (P1 Afloramiento) con un valor de 29 y en la Casa de la Cultura (P3 Desembocadura) con 31 muestran una calidad de agua Crítica ubicado en la escala de color naranja, mientras que en el San Martín (P2 Cauce intermedio) con un valor de 44 exhibe una calidad de agua Dudosa ubicado en la escala de color amarillo, en lo que corresponde al índice ABI en el P1 con un valor de 19, en el P2 con 32, en el P3 con 28 y con respecto al índice E.P.T con un porcentaje de 11% en el P1, 13% en el P2 y 8% en el P3 presentan una calidad de agua Mala.

Se evidenció en el P1-Barrio San José la existencia de seis familias correspondientes a la clase: Insecta y Oligochaeta, mostrando en el índice de SHANNON WEAVER una biodiversidad media con un valor de 1,7, mientras que en el P2- Barrio San Martín se presencié la existencia de 10 familias, pertenecientes a la clase: Insecta, Ochrotrichia, Anélido, Platemintos, Fossaria, Pseudosuccinea y Andhesiops y en el P3- Casa de la Cultura un total de 8 familias correspondientes a la clase: Insecta, Anélido, Fossaria, Pseudosuccinea y Crustácea, dando como resultado en el punto dos y tres una biodiversidad media con un valor de 2,5.

Tabla 13

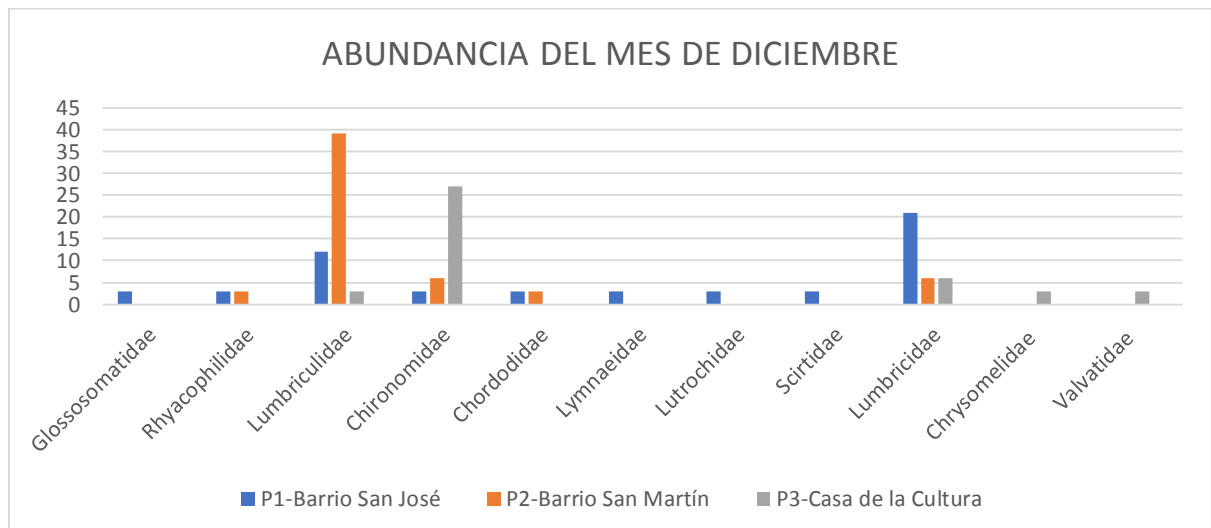
Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Yanayacu correspondiente al mes de Diciembre

Microcuenca del río Yanayacu								
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON - WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% E.P.T	Calidad		
P1-Barrio San José	45	Dudosa	22	Mala	11%	Mala	2,6	Media
P2-Brrio San Martín	21	Crítica	14	Mala	5%	Mala	1,5	Poca
P3-Casa de la Cultura	11	Muy crítica	6	Pésimo	0%	Mala	1,6	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Figura 3

Familias de Macroinvertebrados Muestreados en el Mes de Diciembre



Elaborado por: Equipo de investigación

13.2. Interpretación de resultados del mes de Diciembre

En el mes de diciembre en el Barrio San José (P1 Afloramiento) con respecto al índice BMWP/col presenta un valor de 45 mostrando un agua Dudosa con una escala de color amarillo, mientras que en el índice ABI con un valor de 22 y el índice E.P.T con un porcentaje de 11% exhibe una calidad de agua Mala, existe un total de 9 familias pertenecientes a la clase: Insecta, Mollusca, Oligochaeta y Gordioidea. El índice de SHANNON - WEAVER arroja un valor de 2,6 con una biodiversidad media.

El Barrio San Martín (P2 cauce intermedio) de acuerdo al índice BMWP/col da un valor de 21 con una calidad de agua Crítica ubicado en la escala de color naranja, el índice ABI muestra un valor de 14 y en el índice E.P.T exhibe un porcentaje de 5% que representan a una calidad del recurso hídrico Mala. En el cauce intermedio se evidencio 5 familias correspondientes a la clase: Insecta, Oligochaeta y Gordioidea, siendo esta de poca biodiversidad con un valor de 1,5 según el índice de SHANNON-WEAVER.

En la Casa de la Cultura (P3 Desembocadura) de acuerdo al índice BMWP/col da un valor de 11 mostrando una calidad de agua muy Crítica situado en la escala de color rojo, para el índice ABI da un valor de 6 correspondiente a una calidad Pésimo, mientras que en el índice E.P.T arroja un porcentaje de 0% dando como resultado una calidad de agua Mala. Con respecto al índice de SHANNON-WEAVER presenta una biodiversidad media con un valor de 1,6, donde existen 5 familias pertenecientes a la clase: Insecta, Oligochaeta y Mollusca.

Tabla 14

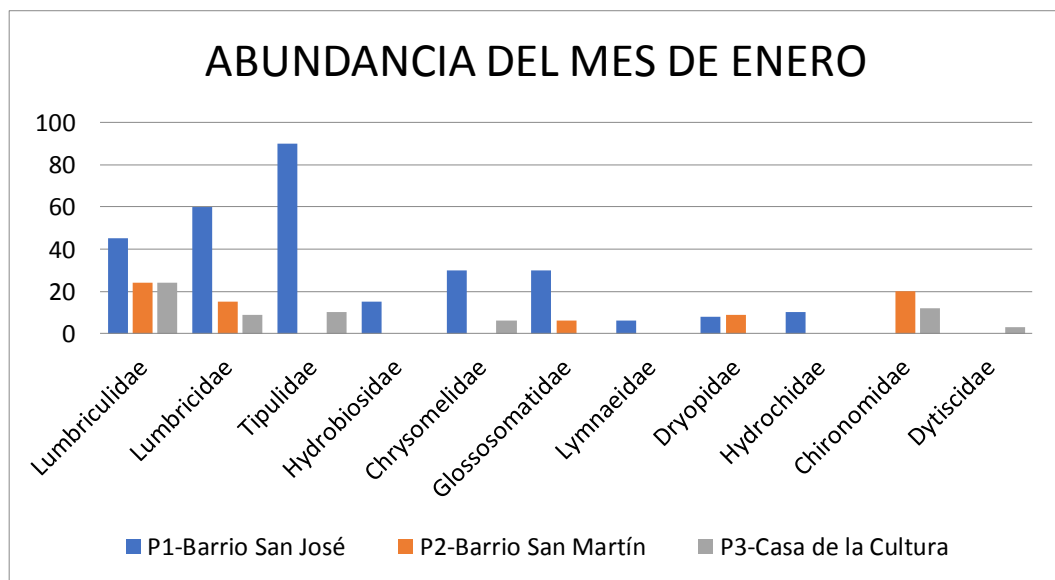
Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Yanayacu correspondiente al mes de Enero

Microcuenca del río Yanayacu								
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON - WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% E.P.T	Calidad		
P1-Barrio San José	38	Dudosa	32	Mala	15%	Mala	2,7	Media
P2-Barrio San Martín	16	Crítica	16	Mala	8%	Mala	2,1	Media
P3-Casa de la Cultura	14	Muy crítica	13	Pésimo	0%	Mala	2,1	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Figura 4

Familias de Macroinvertebrados muestreados en el mes de Enero



Elaborado por: Equipo de investigación

13.3. Interpretación de resultados del mes de Enero

En el mes de Diciembre en el Barrio San José (P1 Afloramiento) con respecto al índice BMWP/col presenta un valor de 38 mostrando un agua Dudosa con una escala de color amarillo, en el Barrio San Martín (P2 cauce intermedio) da un valor de 16 con una calidad de agua Crítica correspondiente a la escala de color naranja, mientras que en la Casa de la Cultura (P3 Desembocadura) da un valor de 14 mostrando una calidad de agua muy Crítica ubicado en la escala de color rojo.

Con respecto al índice ABI con un valor de 32 para el P1 y con un valor de 16 en el P2 exhibe una calidad de agua Mala, no siendo lo mismo para el P3 que da como resultado un valor de 13 correspondiente a una calidad de agua Pésimo. De acuerdo al índice E.P.T para los tres puntos exhibe una calidad de agua Mala, con un porcentaje de 15% para el P1-Barrio San José, 8% P2-Barrio San Martín y 0% P3- Casa de la Cultura.

En el P1- Barrio San José existe un total de 9 familias pertenecientes a la clase: Insecta, Mollusca y Oligochaeta, mientras que en el P2-Barrio San Martín se evidencio 5 familias y en el P3- Casa de la Cultura 6 familias correspondientes a la clase: Insecta y Oligochaeta. Mostrando en el índice de SHANNON - WEAVER un valor de 2,7 para el P1 y 2,1 para el P2 Y P3 presentando en los tres puntos una biodiversidad media.

Tabla 15

Comparación de los Resultados Físicos-Químicos y Microbiológicos

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO DE ANÁLISIS RÍO YANAYACU						Límite Máximo Permisible para uso agrícola o de riego (A M 097 A)	RESULTADO DE LA COMPARACIÓN CON LOS CRITERIOS DE CALIDAD					
		P1- BARRIO SAN JOSÉ		P2- BARRIO SAN MARTÍN		P3- CASA DE LA CULTURA			P1- BARRIO SAN JOSÉ		P2- BARRIO SAN MARTÍN		P3- CASA DE LA CULTURA	
		Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre		Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre	Noviembre	Diciembre
Nitratos	Mg/l	0,85	2,09	0,69	1,65	0,69	1,35	0,5	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple	No cumple
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Mg/l	7,84	0,27	15,92	14,28	38,60	17,08	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfatos	Mg/l	2,057	0,966	1,55	2,208	1,913	1,916	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Oxígeno disuelto	Mg/l	1,8	1,7	2,4	3	3,3	3,5	3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple
Sólidos totales	Mg/l	283,6	416,0	277,65	602,0	293,5	762,0	3000,0	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
pH	pH	7,36	6,73	7,9	7,8	7,75	7,5	6-9	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
Temperatura	°C	16	15	17	16	18,5	17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turbidez	NTU	7,47	0,44	7,5	6,34	16,9	25,3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Coliformes fecales	NMP/ 100 ml	9	2	35,500	40,400	100,400	102,000	1000	Cumple	Cumple	No Cumple	No Cumple	No Cumple	No cumple
ICA- NSF		53	66	41	37	37	35							
		Regular	Regular	Mala	Mala	Mala	Mala							

Elaborado por: Equipo de investigación

El índice de calidad de agua (ICA) permitió determinar la calidad de agua del río Yanayacu, para lo cual en el presente proyecto de investigación se aplicó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA – NSF); donde se evaluaron 9 parámetros (Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Turbiedad, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Sólidos Disueltos Totales y Coliformes Fecales), los cuales fueron determinados en los monitoreos realizados en los tres puntos de estudio (P1-Barrio San José, P2-Barrio San Martín y P3-Casa de la Cultura) en los meses de Noviembre y Diciembre del 2020.

Los resultados correspondientes al análisis Físico-Químicos y Microbiológicos ICA-NSF demostró, que en el P1-Barrio San José en los meses de Noviembre y Diciembre del 2020 se encuentra en un rango de calidad de agua Regular, ubicados en la escala de 51-70 correspondiente al color amarillo, debido a la poca intervención antrópica que existe en la zona, mientras que en el P2-Barrio San Martín y en el P3-Casa de la Cultura en los meses de Noviembre y Diciembre del 2020 mostró un rango de calidad Mala, los puntajes obtenidos se encuentran en la escala de 26 – 50 de acuerdo a la clasificación del ICA-NSF, correspondiente al color rojo, siendo esto un reflejo de los constantes efluentes que recibe a lo largo de su recorrido como son el centro de faenamiento, desechos industriales, uso de pesticidas en la agricultura y el estiércol generado por parte de los sistemas ganaderos que son depositados al río de manera directa sin ningún tipo de tratamiento, provocado grandes impactos ambientales negativos, una de estas viene a ser la reducción del hábitat.

En lo que corresponde a los resultados de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos, en comparación con la Tabla 3. Criterios de calidad admisibles para aguas destinadas a uso agrícola, sobrepasan los Límites Máximos Permisibles en cuanto a los parámetros Oxígeno Disuelto en el P3, Coliformes fecales en el P2 y P3, mientras que para Nitratos sobrepasa en los tres puntos de muestreo, en los meses de Noviembre y Diciembre del 2020.

Los valores de Nitratos encontrados en el agua del río Yanayacu sobrepasan los Límites Máximos Permisibles, debido a la contaminación de fertilizantes agrícolas, estiércol y vertidos domésticos que van de forma directa al río sin previo tratamiento. Según (Bolaños-Alfaro et al.,

2017) el origen de los nitratos en aguas subterráneas es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol. Los fertilizantes nitrogenados que no son absorbidos por las plantas, volatilizados, o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas subterráneas en forma de nitratos.

En cuanto al Oxígeno Disuelto sobrepasa los Límites Máximos Permisibles en el P3, Coliformes Fecales en el P2 y P3 en los monitoreos realizados en los meses de Noviembre y Diciembre del 2020, debido a los vertimientos de aguas negras que recibe el recurso hídrico a lo largo de su recorrido, dando como resultado que el agua del P2 y P3 presenta altos niveles de contaminación y por lo tanto no es apta para uso agrícola, mientras que los otros parámetros restantes se mantiene dentro de los Límites Máximos Permisibles establecidos en el TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I de la Tabla ya mencionada.

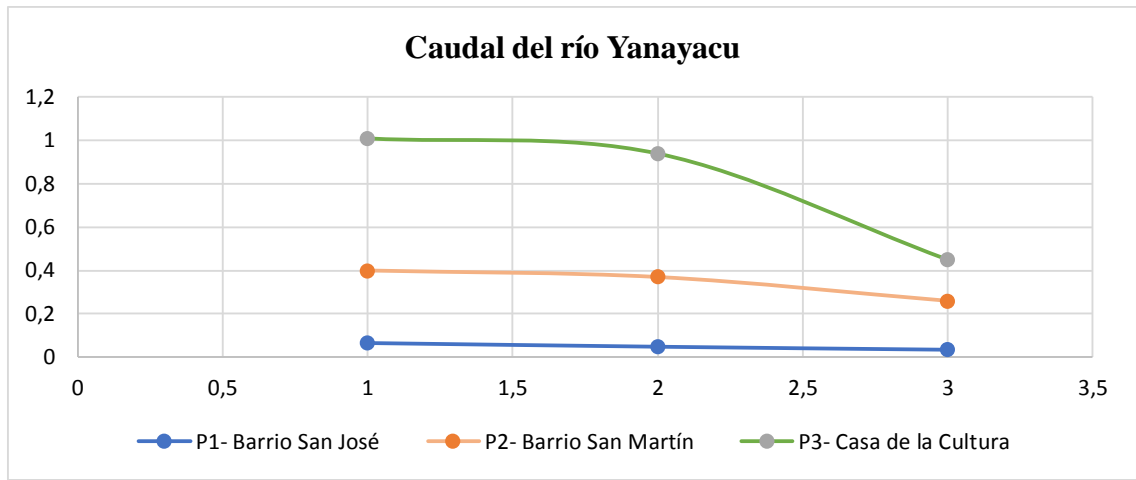
Tabla 16

Cuadro Comparativo de los Muestreos Realizados en los Meses de Noviembre, Diciembre y Enero.

Microcuenca del río Yanayacu												
Punto de muestreo	Mes	Calidad del Agua						Biodiversidad SHANNON – WEAVER				
		BMWP/col	Calidad	ABI	Calidad	% E.P. T	Calidad	Biodiversidad	Caudal m ³ /s	Abundancia	N° De Familias	
P1-Barrio San José	Noviembre	29	Crítica	19	Mala	11%	Mala	Biodiversidad media	1,7	0,065	84	5
	Diciembre	45	Dudosa	22	Mala	11%	Mala	Biodiversidad media	2,6	0,048	54	9
	Enero	38	Dudosa	32	Mala	15%	Mala	Biodiversidad media	2,7	0,034	294	9
P2-Barrio San Martín	Noviembre	44	Dudosa	32	Mala	13%	Mala	Biodiversidad media	2,5	0,4	93	10
	Diciembre	21	Crítica	14	Mala	5%	Mala	Biodiversidad poca	1,5	0,37	57	5
	Enero	16	Crítica	16	Mala	8%	Mala	Biodiversidad media	2,1	0,26	74	5
P3-Casa de la Cultura	Noviembre	31	Crítica	28	Mala	8%	Mala	Biodiversidad media	2,5	1,01	75	8
	Diciembre	11	Muy Crítica	6	Pésimo	0%	Mala	Biodiversidad media	1,6	0,94	42	5
	Enero	14	Muy Crítica	13	Pésimo	0%	Mala	Biodiversidad media	2,1	0,45	64	6

Elaborado por: Equipo de investigación

Figura 5. Caudal correspondiente a los meses de Noviembre, Diciembre y Enero



Elaborado por: Equipo de investigación

En el mes de Noviembre se presentó el caudal más alto, un caudal medio en Diciembre y un caudal bajo en el mes de Enero. Este aumento de caudal en Noviembre se debe a que se presentó una precipitación, por lo tanto, su caudal tendió a aumentar, mientras que en los dos meses de Diciembre y Enero no hubo la presencia de precipitaciones pese a que los tres meses son épocas lluviosas según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

La calidad de agua de acuerdo con los resultados obtenidos durante los muestreos realizados en los meses de Noviembre, Diciembre y Enero, en el cual la presencia y clasificación de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a su taxonomía y puntuación según las tablas correspondientes dan a conocer qué; el Índice BMWP/ col muestra que el efluente del río Yanayacu en el P1- Barrio San José se encuentra con una calidad de agua Crítica en el mes de Noviembre, ya que se encontraron familias que presenta una puntuación de tolerancia baja, teniendo en cuenta que minutos antes del muestreo se presentó una precipitación en el lugar mostrando un caudal de $0,065 \text{ m}^3/\text{s}$, deduciendo así la ausencia de macroinvertebrados, en cambio en el mes de Diciembre y Enero muestra una calidad de agua Dudosa; con respecto al Índice ABI y el índice E.P.T el resultado tiende a ser de Mala Calidad en los tres meses; en lo que concierne al Índice SHANNON - WEAVER se muestra una biodiversidad media, presentando en el mes de Noviembre un valor bajo de 1,7, seguido el mes de Diciembre con 2,6 que representa un valor intermedio y 2,7 en el mes de Enero encontrándose en un valor alto.

La variación en los valores de diversidad de Shannon- Weaver en la investigación tiene una inclinación directa con la estacionalidad, debido a que los cambios hidrológicos afectan la riqueza y abundancia de algunos individuos es por esta razón que en algunos meses no hubo gran presencia de macroinvertebrados. De igual manera se debe tener en cuenta que los valores de diversidad pueden reflejar valores falsos negativos al evaluar el incremento de la abundancia sin exclusión de individuos ante la polución (Margalef López, 1919).

Con respecto al P2- Barrio San Martín, de acuerdo al Índice BMWP/col muestra una calidad de agua Dudosa en el mes de Noviembre, debido a que se hallaron familias con un puntaje alto de tolerancia a la contaminación, mientras que para los meses de Diciembre y Enero presentan una calidad Crítica; con respecto al Índice ABI y E.P.T exhibe una calidad de agua Mala para los tres meses; en lo que corresponde al Índice de SHANNON – WEAVER se obtuvo una biodiversidad media en los meses de Noviembre con un valor de 2,5 y 2,1 en el mes de Enero, mientras que en Diciembre presenta poca biodiversidad con un valor de 1,5.

Y finalmente en el P3- Casa de la Cultura, con respecto al Índice BMWP/col en el mes de Noviembre muestra una calidad de agua Crítica, mientras que en los meses de Diciembre y Enero una calidad Muy Crítica; para el Índice ABI el resultado presenta una Mala calidad en el mes de Noviembre, mientras tanto para los meses de Diciembre y Enero expresa una calidad de agua Pésimo; en lo que corresponde al índice E.P.T el resultado muestra una Mala calidad para los tres meses; en cuanto a su biodiversidad es Media con valores que van desde 2,5 correspondiente al mes de Noviembre, seguido del mes de Diciembre con 1,6 y Enero con 2,1. Según (Guinard et al., 2013) Las condiciones del medio, sus variaciones temporales influyen en la disminución del número de individuos, y en la diversidad. (López et al., 2019) afirma que: La baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos encontrada a lo largo de la microcuenca se debe principalmente a que no hay hábitats propicios para albergar grandes cantidades de individuos, ya que los parámetros físico-químicos y microbiológicos encontrados, específicamente de oxígeno disuelto, nitratos y coliformes fecales se encontraban en altas concentraciones. Las concentraciones de los parámetros calculados, son relevantes en la calidad de las aguas, siendo su presencia y concentración esencial para sustentar las diferentes formas de vida para estos organismos.

14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

14.1. Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos

En el P3 los valores de Oxígeno disuelto y en el P2 y P3 Coliformes fecales sobrepasan los Límites Máximos Permisibles que establece el TULSMA, LIBRO VI; ANEXO I, Tabla 3. Sobre los Criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola. Esto se da debido al aumento de la población, la presencia de actividades antropogénicas en el área de estudio y al no tener ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales de uso doméstico e industriales, las cuales son vertidas a los cauces de los ríos Cunuyacu 35%, Yanayacu 30% y Pumacunchi 20% (GADML, 2016). La determinación de la concentración de coliformes fecales es utilizada como indicador de la presencia de excrementos o desechos de alcantarillas como potencial fuente de contaminación por microorganismos patógenos entéricos en el agua.

Los nitratos de manera general se deben a la utilización de fertilizantes, herbicidas y pesticidas en altas concentraciones por las actividades agropecuarias, que llegan al río a través de escorrentía (Quintero et al., 2011). Los valores de nitratos en los tres puntos de estudio sobrepasaron los Límites Máximos Permitidos a causa de la contaminación por agroquímicos (pesticidas, herbicidas, fertilizantes) que se aplican en cantidades menores y mayores en tierras de cultivos los mismos que terminan en los cuerpos de agua elevando el nivel de contaminación.

14.2. Índice ICA-NSF

El índice ICA-NSF en los diferentes sitios de muestreo, reflejó el estado del agua en cuanto variables Físico-Químicos y Microbiológicos, las condiciones más favorables de calidad de agua aparecen en el P1-Barrio San José con valores que oscilan entre 53 y 66 indicando una calidad Regular en este punto, debido a que esta zona es la menos poblada y pocas intervenciones suceden alrededor. El P2- Barrio San Martín y P3-Casa de la Cultura a diferencia del P1 presentan un nivel de afectación más alto según el índice con valores que van de 41, 37, y 35 que muestran una Mala calidad. Según (GADML, 2016) menciona que: El incremento de la población junto con sus actividades socioeconómicas influyen en la contaminación del

recurso hídrico, debido a que a lo largo del río las aguas servidas de domicilios, industrias y provenientes de actividades agrícolas son drenadas directamente al río sin tratamiento alguno. Mediante el estudio realizado en el año 2009 por la Asociación de Consultores Técnicos Cuenca-Ecuador (ACOTENIC) se registró 325 descargas de aguas grises directas al río Cutuchi proveniente en un 30% del río Yanayacu, viéndose claramente con estos datos que el río descarga un porcentaje alto de agua residual y siendo un valor preocupante ya que estas aguas son usadas para regadío en esta zona y según los resultados de la investigación las aguas del río Yanayacu no son aptas para uso agrícola es por ello que las autoridades deben controlar la disposición final de las descargas líquidas a través de plantas de tratamiento y técnicas de biorremediación que sean eficientes y sostenibles.

14.3. Macroinvertebrados como bioindicadores.

Se recolectó 837 individuos de macroinvertebrados acuáticos, de los cuales los individuos más sensibles a los cambios ambientales en el P1-Barrio San José pertenecen a las familias de Simuliidae, Athericidae, Psychomyiidae, Chordodidae y Hydrobiosidae, por lo tanto estos son considerados como partes claves para determinar una calidad de agua buena, en P2-Barrio San Martín y P3-Casa de la Cultura las familias Lumbricidae, Chironomidae, Lumbriculidae, Lymnaeidae, Tipulidae, Tubificidae, Physidae y Muscidae presentaron una calidad de agua muy contaminada, puesto que son individuos claves que soportan y toleran ambientes contaminados (Roldán-Pérez, 2016). Cuando los parámetros analizados son críticos los organismos sensibles mueren y su lugar es ocupado por los organismos tolerantes (Alba-Tercedor, 1996). De tal modo que los cambios de la estructura y composición de las comunidades bióticas son utilizados para identificar y evaluar los grados de contaminación de un ecosistema acuático.

Según (Varnosfaderany et al., 2010). Los órdenes Ephemeropteros, Plecópteros y Trichopteros, requieren buenas condiciones de calidad del agua para vivir, por lo que una determinada alteración que empeore la calidad del agua o las condiciones de hábitat requeridas por los macroinvertebrados, va a provocar un claro descenso de la población de los vertebrados comentados. Es por esta razón que en el río Yanayacu los números de órdenes de

Ephemeroptera y Trichoptera fueron más altos en el P1 y P2, pues el agua en estos puntos no se encuentra muy contaminada, mientras que en el P3 hubo ausencia de los órdenes Ephemeropteros, Plecópteros y Tricópteros en los meses de Diciembre y Enero, ya que la calidad del agua en este punto se encuentra fuertemente contaminada por las actividades antrópicas.

La **Tabla 14** muestra resultados obtenidos por el índice BMWP/Col en el P1- Barrio San José, mostrando en el mes de Noviembre una calidad de agua Crítica, mientras que en los meses de Diciembre con un valor de 45 y Enero con 38 exhibe una calidad de agua Dudosa ya que el número de familias encontradas incrementó a causa de que el sitio presentaba un caudal de $0.048 \text{ m}^3/\text{s}$ en el mes de Diciembre y $0,034 \text{ m}^3/\text{s}$ en Enero, siendo estos los caudales más bajos en comparación con el mes de Noviembre que registra el caudal más alto debido a que hubo una mayor precipitación en este mes, pese a que los tres meses son épocas lluviosas.

El índice BMWP/Col en el P2- Barrio San José presenta una calidad de agua Dudosa en el mes de Noviembre, debido a la presencia de precipitaciones que se dio antes del muestreo con un caudal de $0,4 \text{ m}^3/\text{s}$, deduciendo que los macroinvertebrados fueron arrastrados desde el P1-Afloramiento aguas abajo con la ayuda de la corriente incrementando de esta manera el número de familias, teniendo en cuenta que este índice utiliza puntuaciones conforme a la tolerancia que presenta cada familia por lo tanto al haber variedad de familias se sumó un puntaje alto, es por esta razón que en este mes la calidad de agua es Dudosa a comparación de los otros meses que presentan una calidad de agua Crítica. De la misma manera sucedió en el P3- Casa de la Cultura con una calidad de agua Crítica en el mes de Noviembre y Muy Crítica para los otros meses.

El índice BMWP/col en el P1-Barrio San José muestra una calidad de agua Dudosa (moderadamente contaminada), ya que se encontraron variedad de familias de macroinvertebrados para lo cual sumó un puntaje alto, mientras que para el índice E.P.T exhibe una calidad de agua Mala con un puntaje bajo, ya que no se encontraron familias que estén dentro de las órdenes de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera. (S. González et al., 2012) afirma que: La calificación alta del índice BMWP/col se debe a que este índice se calcula a

través de la presencia o carencia de familias de macroinvertebrados acuáticos a diferencia del índice E.P.T que calcula la calidad de agua con base en la riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, lo que hace que este índice sea útil en la detección de alteraciones más sutiles.

Los estudios de calidad de agua realizados en el río Yanayacu incluyen factores físico-químicos, microbiológicos y bioindicadores (macroinvertebrados) los cuales permitieron evaluar el estado actual que presenta el río, mediante los resultados obtenidos en los tres puntos de estudio se puede decir que el aumento de la población y las actividades socioeconómicas influyen de manera directa en la calidad de agua, debido a que se pudo observar que las aguas residuales tanto domésticas, industriales y agrícolas son depositadas en el río sin ningún tipo de tratamiento. El GAD Municipal del Cantón Latacunga en el año 2016 menciona que estos factores son la principal causa de contaminación que presenta el recurso hídrico ya mencionado.

15. RESPUESTA A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

1. ¿Existe relación entre las comunidades de macroinvertebrados y las características ambientales del río Yanayacu?

Existe una amplia relación entre las comunidades de macroinvertebrados y las características ambientales del río Yanayacu, debido a que estas influyen en el retardo o la aceleración de su actividad biológica en donde, el P1-Barrio San José logramos evidenciar la existencia de 17 familias con una abundancia de 432 individuos encontradas, esto debido a que en los meses de Diciembre y Enero el caudal tendió a disminuir, por lo que incrementó el número de macroinvertebrados colectados, mientras que en el P2- Barrio San Martín se muestrearon 16 familias con una abundancia de 224 individuos y en el P3- Casa de la Cultura se obtuvo 14 familias con un abundancia de 181 individuos, debido a que la temperatura en estos puntos es más elevada haciendo de esta manera que este parámetro influya en la absorción de oxígeno y cuyos individuos no sobrevivan en estas condiciones, reduciendo así el número de macroinvertebrados recolectados, las características ambientales que influyen en los macroinvertebrados fueron la temperatura y aumento o disminución de caudal debido a presencia de precipitaciones o días de demasiada sequía, la topografía del suelo y efluentes

descargados directamente al río también influyen demasiado en el hábitat de las mismas, de la misma manera influye la parte ganadera en la flora y fauna que rodea al río todos estos inciden en el hábitat de todos los individuos encontrados permitiendo su desarrollo o su defunción.

2. ¿Las actividades antrópicas de los efluentes del río, influyen en la composición y diversidad de la fauna de macroinvertebrados?

Las actividades antrópicas que se generan en el área de estudio si influyen en la composición y diversidad de macroinvertebrados, como se pudo evidenciar en los resultados obtenidos.

En el P1 se encontraron diversidad de macroinvertebrados que viven en ecosistemas con un menor grado de contaminación, exhibiendo una calidad de agua Dudosa según el índice BMWP/col y Regular de acuerdo al ICA-NSF, debido a que en este punto no existen asentamientos humanos cercanos y se evidenció poca actividad antrópica que pudiesen alterar la calidad del recurso hídrico.

Mientras que en el P2 se muestrearon familias de macroinvertebrados que toleran ambientes contaminados, reduciendo de esta manera su diversidad y mostrando una calidad de agua Crítica según el índice BMWP/col y una calidad Mala según el ICA-NSF, esto debido a la presencia de asentamientos humanos los cuales arrojan desechos orgánicos e inorgánicos al río provocando acumulación de residuos sólidos y el centro de faenamiento que descarga aguas residuales que contienen una elevada carga contaminante, principalmente, materia orgánica y grasas. La presencia de materia orgánica por medio de bacterias, microorganismos y oxígeno genera compuestos que acidifican el agua, eliminan el oxígeno vital para la vida de las especies acuática y hacen que las aguas se contaminen y no sean aptas para el uso agrícola, todos estos factores influyen en la calidad de agua que presenta el Barrio San Martín.

El P3 al estar en la zona baja recibe: aguas residuales domésticas y urbanas que contienen materia fecal, detergentes, materia orgánica y grasas que originan graves perjuicios,

es especial la disminución del oxígeno disuelto; vertidos de desechos industriales que aumentan las temperaturas afectando a los organismos acuáticos y provocando la eliminación de las especies; aguas provenientes de actividades agrícolas que contienen fertilizantes, plaguicidas, herbicidas que al ser productos tóxicos originan la muerte de algunos organismos e incrementa la concentración de nitratos en el agua. Los mismos que son drenadas directamente al río sin tratamiento alguno, es por esta razón que el índice BMWP/col muestra una calidad de agua Muy Crítica debido a que se encontraron familias que presentan un puntaje bajo al ser tolerantes a aguas contaminadas, de igual forma según el ICA-NSF presenta una calidad Mala, viéndose claramente que las actividades antrópicas generan graves problemas de contaminación y disminuyen la diversidad de macroinvertebrados ya que algunos vertebrados no sobreviven a ambientes desfavorables, debido a que estos son sensibles y no soportan dichas condiciones, mientras que otros, que son tolerantes no se ven afectados por estas alteraciones.

16. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

16.1. Sociales

El proyecto de investigación aporta con los resultados obtenidos de la calidad del agua que presenta el río Yanayacu, los mismos que servirán para poner en conocimiento a la ciudadanía que hace uso del agua como regadío para las zonas agrícolas. Mediante este estudio se pretende que la población junto con las autoridades tome decisiones sobre la conservación y protección del recurso hídrico, como también que los moradores y empresarios de las industrias puedan concientizar el daño que causan sus acciones y logren restaurar y aprovechar de mejor manera el agua que hacen uso para sus actividades.

16.2. Ambientales

El río Yanayacu de acuerdo a las visitas realizadas en el lugar de estudio, presenta problemáticas de tendencia ambiental que afectan al medio, donde el ser humano se ve involucrado debido a la degradación del recurso hídrico que ha generado en forma consciente

e inconsciente, dicha acción afecta al entorno, especies y recursos naturales. Las descargas de aguas residuales, desechos industriales y residuos sólidos, que son vertidos sobre el río, son impactos evidentes que generan contaminación y alteran la calidad del agua. Según los datos obtenidos el río Yanayacu se encuentra con una calidad Regular en el P1 y Mala para el P2 y P3, es por ello que se debe comunicar a las autoridades pertinentes la información obtenida a fin de prevenir futuros impactos ambientales que vienen a deteriorar la fisonomía de la flora y fauna del río y así poder implementar estrategias y actividades que ayuden a prevenir, proteger y conservar los recursos hídricos.

16.3. Económicos

En el proyecto de investigación se determinó la calidad de agua del río Yanayacu utilizando métodos biológicos a un bajo costo y obteniendo resultados confiables, siendo accesible para las autoridades efectuar periódicamente análisis biológicos del agua a un precio moderado y sin complicaciones.

17. CONCLUSIONES

Después de realizar la investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

- Mediante la utilización de bioindicadores (macroinvertebrados) y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos se logra demostrar que la calidad del agua del río Yanayacu ha sido afectada y alterada por las diferentes acciones antrópicas que existen a su alrededor, siendo las más comunes las actividades agrícolas, industriales, domésticas y falta de conciencia ambiental por parte de la población, lo cual implica que la calidad del agua sea mala y por lo tanto no sea admisible para cualquier actividad humana y agrícola, debido a su alto índice de contaminación.
- En los tres puntos de estudio se encontraron un total de 837 individuos de macroinvertebrados acuáticos distribuidos en 29 familias, en donde las más abundantes pertenecen a las familias Chironomidae, Lumbricidae, Tubificidae y Tipulidae que pertenecen al orden Diptera, Lumbriculida y Oligochaeta.

- En el P1- Barrio San José, se identificó a las familias Psychomyiidae, Hydrobiosidae, Glossosomatidae y Rhyacophilidae pertenecientes al orden Trichoptera, estas familias son sensibles a las alteraciones ambientales, por lo que se consideró que este punto se encuentra con menor grado de contaminación, debido a que a su alrededor no se encuentran muchas actividades antrópicas. En el P2- San Martín y P3- Casa de la Cultura se registró la presencia de las familias Chironomidae, Lumbriculidae y Tubificidae pertenecientes a los órdenes Dípteros, Lumbriculida y Oligochaetas respectivamente, los cuales debido a sus amplios rangos de tolerancia hace que sean individuos claves en las comunidades de macroinvertebrados expuestos en ambientes contaminados.
- Los índices biológicos BMWP/Col, ABI y E.P.T, muestran una similitud con el Índice De Calidad De Agua (ICA NSF), la diferencia reside en el P1-Barrio San José donde el análisis biológico (macroinvertebrados) en el mes de Noviembre da como resultado una calidad de agua Crítica, de la misma manera en los índices ABI Y E.P.T que presentan una calidad de agua Mala para los tres meses, mientras que el Índice de Calidad de agua (ICA NSF) muestra aguas regularmente contaminadas, estos resultados son debido a que en el P1- Barrio San José no existe mucha actividad antrópica a diferencia del P2- Barrio San Martín y P3- Casa de la Cultura que mediante su tramo existes varios efluentes que son vertidos al río sin ningún tipo de tratamiento.
- En la Provincia de Cotopaxi la contaminación hídrica se debe al crecimiento demográfico, desarrollo industrial, urbanización, uso de pesticidas en la agricultura y el estiércol generado por parte de los sistemas ganaderos, estos factores evolucionan rápidamente y se dan uno en función de otro los cuales se han convertido en un problema grave, debido a que afluentes como el del río Yanayacu se une al río Cutuchi, haciendo que la situación se torne más agravante y perjudicial para la salud de sus habitantes.

18. RECOMENDACIONES

Mediante los resultados obtenidos de la investigación se puede emitir las siguientes recomendaciones:

- Manejar adecuadamente las herramientas apropiadas para la recolección de macroinvertebrados acuáticos de acuerdo a la morfología del área de estudio, ya que

esto permitirá reunir una mayor cantidad de individuos que permitan determinar la calidad de agua al aplicar los diferentes índices biológicos, además es necesario utilizar EPP adecuado para precautelar la seguridad de todo el personal involucrado en el muestreo.

- Promover la utilización de métodos biológicos ya que son complementarios en procesos de estimación de la calidad de agua, y a su vez estas metodologías no requieren de un valor económico elevado y los resultados no varían con el ICANSF.
- Evaluar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos, realizando muestreos durante las épocas lluviosas y secas a fin tener un registro y poder comparar en función del cambio del caudal y modificación del hábitat.
- Dar a conocer la información obtenida a la población y autoridades, para la implementación de campañas de monitoreo y actividades de conservación del recurso hídrico en zonas que están siendo amenazadas por las actividades antrópicas, mediante capacitaciones por parte del personal técnico de las instituciones a cargo a las comunidades localizadas en las zonas de estudio.
- Dar continuidad al estudio con la implementación de monitoreos regulares a la microcuenca del río Yanayacu y priorizar las zonas que requieran una intervención para mitigar los efectos contaminantes y lograr una restauración ecológica.

19. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R., Rios Touma, B., Rieradevall, M., & Prat, N. (2009). *Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (cera) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. Limnetica, 28.*
- Álvarez Arango, L. F. (2005). *Metodología Para La Utilización De Los Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores De La Calidad Del Agua.* [Reporte Técnico]. Instituto De Investigación De Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. [Http://Repository.Humboldt.Org.Co/Handle/20.500.11761/31357](http://Repository.Humboldt.Org.Co/Handle/20.500.11761/31357)
- Alvero Et Al. (2012). *Agua y sostenibilidad: Recursos, Riesgos y Remedios. Ministerio De Educación.*
- Baque, R. Et Al (2016). *Calidad Del Agua Destinada Al Consumo Humano En Un Cantón De Ecuador.*
- Barcia, E., Et Al. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico.*
- Berzosa Vaca, F. (S. F.). *Utilización de índices evaluadores de la calidad del agua basados en bioindicadores en el Ecuador.*
- Bolaños Alfaro, J. D., Cordero Castro, G., & Segura Araya, G. (2017). *Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica).* *Revista Tecnología En Marcha, 30(4), 15.* <https://doi.org/10.18845/Tm.V30i4.3408>
- Borja, R. (S. F.). *Secretaria Nacional Del Agua. 23.*
- Caho, C., & López, E. (2017). *Determinación del índice de calidad de agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI, 12(2).* <https://doi.org/10.22507/Pml.V12n2a3>

- Calvopiña, J. (2015). *Redes de alimentos y producción artesanal en la parroquia Juan Montalvo, Cantón Latacunga*. 78.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Díaz, D. (2014). *Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global*. 10(17), 111-124.
<https://doi.org/10.16925/In.V9i17.811>
- Código Orgánico Del Ambiente (Coa). (2017). *Código orgánico del ambiente*.
- Díaz Cassou, J., et al (2018). *Reformas y desarrollo en el Ecuador contemporáneo*.
- Donoso M., et al (2018). *Exposición a nitratos en agua y su relación con disfunción de la glándula tiroides: revisión sistemática ¿existen riesgos para la salud de la población?*
Revista Médica De Chile, 146(2), 223-231. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872018000200223>
- Gadml. (2016). *Plan De Desarrollo Y De Ordenamiento Territorial Del Cantón Latacunga*. 716.
- Gamboa, M., Reyes Gil, R., & Arrivillaga-Henríquez, J. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de malariología y salud ambiental*, 48.
- González, S., Ramírez, Y., Meza, A., & Días, L. (2012). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales*.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/V16n2/V16n2a12.pdf>
- Guinard, J., Ríos, T., & Bernal, J. (2013). *Johana Del C. Guinard I Tomás Ríos*. 2, 11.
- Gutiérrez, J., Riss, H. W., & Ospina Torres, R. (2004). Bioindicación de la calidad del agua con macroinvertebrados acuáticos en la sabana de Bogotá utilizando redes neuronales artificiales. *Caldasia*, 26, 151-160.
- Hanson, P., Springer, M., & Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista De Biología Tropical*, 58, 3-37.

- Lascano Reyes, L. O., & Muñoz Cepeda, A. J. (2020). *Identificación de diatomeas epilíticas asociadas al índice trófico de calidad del agua del río Yanayacu, Provincia de Cotopaxi, periodo Septiembre 2019 - Febrero 2020*.
[Http://Repositorio.Utc.Edu.Ec/Handle/27000/6655](http://Repositorio.Utc.Edu.Ec/Handle/27000/6655)
- Lema, M., & Soria, M. (2019). *Diversificar la oferta de actividades recreativas en la parroquia*. 175.
- Martínez. (2014). *Determinación de la calidad del agua mediante variables*. (S. F.).
- Mata Echeverría, M. (2014). *Factores de la balanza de pagos y su incidencia en la transformación de la matriz productiva del país período 2007—2012*. 109.
- Moposita, A. (2015). *Determinación de coliformes fecales en el agua de consumo humano y su relación con enfermedades diarreicas agudas en los hogares de la parroquia de pasa del cantón Ambato en el período diciembre 2014—mayo 2015*. 178.
- Mora, J., & Calvo, G. (2010). *Estado actual de contaminación con coliformes fecales de los cuerpos de agua de la península de osa*.
- Moreno, C. E. (2001). *Métodos para medir la biodiversidad*. 86.
- Olmos, R. R. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis en plaza y valdes*.
- Palma, A. (2013). *Guía para la identificación*. 24.
- Pérez, G. R. (2003a). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP col*. Universidad de Antioquia.
- Pérez, G. R. (2003b). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP col*. Universidad De Antioquia.
- Pinilla Agudelo, G. A. (1998). *Indicadores biológicos en ecosistemas acuáticos continentales de Colombia*. U. Jorge Tadeo Lozano.
- Pla, L. (2006). *Biodiversidad: inferencia basada en el índice de SHANNON y la riqueza*. 31, 9.

- Quintero, C., et al (2011). Absorción de nitrógeno y rendimiento de arroz con diferentes formas de nitrógeno aplicado previo al riego. *Ciencia Del Suelo*, 29, 233-239.
- Ramos, D. S. (2016). *Contaminación del agua*. 1, 32.
- Reglamento Al Código Orgánico Del Ambiente (Rcoa). (2019). *Reglamento al código orgánico del ambiente*. 144.
- Rincon, J., et al. (2017a). *Macroinvertebrados de los ríos del parque nacional Cajas*.
- Ríos-Tobón, S., Agudelo Cadavid, R. M., & Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional De Salud Pública*, 35(2), 236-247.
<https://doi.org/10.17533/Udea.Rfnsp.V35n2a08>
- Ríos Touma, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). The andean biotic index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista De Biología Tropical*, 62, 249-273.
- Robles, F. O., Rojo, J. C. T., & Bas, M. S. (2011). *Aplicación de procesos industriales a la reutilización de aguas residuales*. Ediciones Díaz De Santos.
- Rodríguez, M. (2009). *La hidrosfera. El ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración. El problema de la escasez del agua* (P. 26).
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista De La Academia Colombiana De Ciencias Exactas, Físicas Y Naturales*, 40(155), 254.
<https://doi.org/10.18257/Raccefyn.335>
- Rosas Acevedo, J. Et Al (S. F.). *Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México*. 1(2), 8.
- Samaniego, M., & Enrique, M. (2006). Estudio hidrológico y optimización del recurso hídrico de la cuenca del Río Cutuchi en la ciudad de Latacunga y sus zonas aledañas. *Pontificia*

Universidad Católica Del Ecuador.

[Http://Repositorio.Puce.Edu.Ec:80/Xmlui/Handle/22000/2260](http://Repositorio.Puce.Edu.Ec:80/Xmlui/Handle/22000/2260)

Sánchez, A. A., & Tello, L. L. G. (2019). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista visión contable*, 19, 64-101. <https://doi.org/10.24142/Rvc.N19a4>

Sánchez, O. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Instituto Nacional De Ecología.

Toledo, M., & Mendoza, B. (2016). *Estudio de la calidad de agua utilizando bio-indicadores en microcuenca del Río Chimborazo (Ec)*.

Varnosfaderany, M. N., Ebrahimi, E., Mirghaffary, N., & Safyanian, A. (2010). Biological assessment of the Zayandeh Rud river, Iran, using benthic macroinvertebrates. *Limnologia - ecology and management of inland waters*, 40(3), 226-232. <https://doi.org/10.1016/J.Limno.2009.10.002>

Vizcaíno, L. F. L. (S. F.). *Índices de calidad del agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación en la Cuenca Lerma-Chapala*. 7.

Yumbo, K., Et Al (2018). Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el Río Pajan, Manabí, Ecuador. *10*, 32-40. <https://doi.org/10.31095/Irr.V0i10.184>

ENLACES DE INTERNET

- Arco García, J. (2015). *Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua*. Recuperado de: <https://Www.Aguasresiduales.Info/Revista/Blog/Sustancias-Contaminantes-Y-Sus-Efectos-En-La-Calidad-Del-Agua>
- Ávila, P., Pablos, J., & Pelayo, C. (2018). *Estudio ríos lagos acuíferos*. Recuperado de: Https://Www.Cndh.Org.Mx/Sites/All/Doc/Informes/Especiales/Estudio_Rios_Lagos_Acuiferos.Pdf
- Constitución De La República Del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador 2008*. Recuperado de: Https://Www.Oas.Org/Juridico/Pdfs/Mesicic4_Ecu_Const.Pdf
- Fao. (2018). *Los contaminantes agrícolas: una grave amenaza para el agua del planeta*. Recuperado de: <Https://Www.Iagua.Es/Noticias/Fao/Contaminantes-Agricolas-Grave-Amenaza-Agua-Planeta>
- Gad Municipal Del Cantón Latacunga. (2014). *Ordenanza Descontaminación Protección Ríos Afluentes Hídricos Cantón Latacunga*. Recuperado de: Https://Www.Latacunga.Gob.Ec/Images/Pdf/Ordenanzas/1_113_Ordenanza_Descontaminacion_Proteccion_Rios_Afluentes_Hidricos_Canton_Latacunga.Pdf
- Garrido, J., Joao, C., & Pérez, A. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Recuperado de: <Https://Www.Researchgate.Net/Scientific-Contributions/2084983489-Hw-Riss>
- González, C. (2011). *La Turbidez*. Recuperado de: <Http://Academic.Uprm.Edu/Gonzalezc/Htmlobj-859/Maguaturbidez.Pdf>
- González, H., Crespo, E., Acosta, R., & Hampel, H. (2019). *Guía Macroinvertebrados*. Recuperado de:

- <https://Geo.Etapa.Net.Ec/Monitoreoecohidrologico/Files/Docs/Guia%20macroinvertebrados.Pdf>
- Gualdrón Durán, L. E. (2016). *Vista de evaluación de la calidad de agua de ríos de Colombia usando parámetros fisicoquímicos y biológicos*. Recuperado de: <https://Revistas.Unilibre.Edu.Co/Index.Php/Ambiental/Article/View/4593/3916>
- Gutiérrez J., B., & García J., M. (2014). *Un índice para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales en cuencas hidrográficas*. Recuperado de: http://Scielo.Sld.Cu/Scielo.Php?Script=Sci_Arttext&Pid=S1680-03382016000200009
- Hidritec. (2011). *Tratamiento de aguas residuales y disminución de DQO*. Recuperado de: <http://Www.Hidritec.Com/Hidritec/Tratamiento-De-Aguas-Residuales-Y-Disminucion-De-Dqo>
- Lenntech. (2017). *Ph y alcalinidad*. Recuperado de: <https://Www.Lenntech.Es/Ph-Y-Alcalinidad.Htm>
- Ley De Recursos Hídricos Usos Y Aprovechamiento Del Agua - Secretaría Del Agua. (S. F.). Recuperado de: <https://Www.Agua.Gob.Ec/Ley-De-Aguas/>
- Margalef López, R. (1919, 2014). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Recuperado de: <http://Www.Publicacions.Ub.Edu/Ficha.Aspx?Cod=01106>
- Ministerio Del Ambiente. (2019). *Ministerio del ambiente y agua – el ministerio del ambiente y agua, velará por un ambiente sano y el respeto de los derechos de la naturaleza o pacha mama*. Recuperado de: <https://Www.Ambiente.Gob.Ec/>
- Onu Daes. (2015). *Inicio decenio internacional para la acción «el agua, fuente de vida» 2005-2015*. Recuperado de: <https://Www.Un.Org/Spanish/Waterforlifedecade/>
- Pradillo, B. (2016). *Parámetros de control del agua potable*. Recuperado de: <https://Www.Iagua.Es/Blogs/Beatriz-Pradillo/Parametros-Control-Agua-Potable>

Recalde, J. (S. F.). *Caracterización de la cuenca del Río Cutuchi*. Recuperado de:
https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5988/1/Pitolo_Rio_Cutuchi.Pdf

Red De Información Sustentable Del Área De Boulder. (2020, Agosto 17). *Purificación de agua y sólidos disueltos*. Recuperado de:
<https://www.fluencecorp.com/es/purificacion-de-agua-y-solidos-disueltos/>

Wolff, J. P., Kenneth, A., & Harris, J. (2013). *Nitratos en el Agua*. Recuperado de:
https://www.waterboards.ca.gov/centralcoast/water_issues/programs/ag_waivers/docs/spanish_forms/nitratos_en_el_agua.pdf

20. ANEXOS

20.1. ANEXO A. AVAL DE TRADUCCIÓN



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto integrador al Idioma Inglés presentado por las señoritas Egresadas de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES; CUCHIPE MUSO SARA CELENE y VASCO CEVALLOS TANIA ESTEFANIA**, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO YANAYACU, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERIODO 2020-2021”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo de 2021

Atentamente,

Mg. Mayra Clemencia Noroña Heredia.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501955470

1803027935 Firmado
digitalmente por
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
Fecha: 2021/03/05
19:36:50 -05'00'

20.2. ANEXO B. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE NOVIEMBRE

Tabla 17

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Noviembre en el Río Yanayacu (P1)

NOVIEMBRE							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	17/11/2020	HORA DE RECOLECCIÓN:	03:24	TEMPERATURA:	16 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/11/2020	CAUDAL:	0,065 m³/s	RESPONSABLES:	Sara Cuchipe/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	768116.5	Y	9898604.4	ALTITUD	2799 m.s.n.m.	P1-BARRIO SAN JOSÉ
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES		
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Diptera	Simuliidae	12	8	5	-
2	Obligochaeta	Opisthoptera	Lumbricidae	9	1	1	-
3	Insecta	Diptera	Chironomidae	51	2	2	-
4	Insecta	Diptera	Athericidae	3	10	10	-
5	Insecta	Trichoptera	Psychomyiidae	9	8	1	9
TOTAL				84	29	19	9
RESULTADOS:				Crítica	Malo	11% Malo	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Tabla 18

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Noviembre en el río Yanayacu (P2)

NOVIEMBRE							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	17/11/2020	HORA DE RECOLECCIÓN:	16:9	TEMPERATURA:	17 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/11/2020	CAUDAL:	0,4 m ³ /s	RESPONSABLES:	Sara Cuchipe/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	767136.8	Y	9898147.9	ALTITUD	2806 m.s.n.m.	P2-BARRIO SAN MARTÍN
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICES		
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Diptera	Chironomidae	48	2	2	-
2	Insecta	Trichoptera	Psychomyiidae	6	8	1	6
3	Ochrotrichia	Trichoptera	Hydroptilidae	3	7	6	3
4	Anélido	Oligochaeta	Tubificidae	6	1	1	-
5	Platelmintos	Tricladida	Dugesiiidae	6	6	5	-
6	Platelmintos	Tricladida	Planariidae	6	7	5	-
7	Fossaria	Gastropoda	Lymnaeidae	6	4	3	-
8	Pseudosuccinea	Gastropoda	Physidae	6	3	3	-
9	Andhesiops	Ephemeroptera	Baetidae	3	4	4	3
10	Insecta	Diptera	Muscidae	3	2	2	-
TOTAL				93	44	32	12
RESULTADOS:				Dudosa	Malo	13% Malo	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Tabla 19

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Noviembre en el río Yanayacu (P3)

NOVIEMBRE							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	17/11/2020	HORA DE RECOLECCIÓN:	16:47	TEMPERATURA:	18.5 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/11/2020	CAUDAL:	1,01 m³/s	RESPONSABLES:	Sara Cuchiye/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	764999.2	Y	9896598.1	ALTITUD	2800 m.s.n.m.	P3-CASA DE LA CULTURA
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICES		
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Diptera	Chironomidae	15	2	2	-
2	Anélido	Oligochaeta	Tubificidae	30	1	1	-
3	Fossaria	Gastropoda	Lymnaeidae	6	4	3	-
4	Pseudosuccinea	Gastropoda	Physidae	3	3	3	-
5	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	9	7	6	-
6	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	6	4	4	6
7	Insecta	Coleoptera	Elmidae	3	6	5	-
8		Lepidóptera	Pyralidae	3	4	4	-
TOTAL				75	31	28	6
RESULTADOS:				Crítica	Malo	8% Malo	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

20.3. ANEXO C. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE DICIEMBRE

Tabla 20

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Diciembre en el río Yanayacu (P1)

DICIEMBRE							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	17/12/2020	HORA DE RECOLECCIÓN:	10:24	TEMPERATURA:	15 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/12/2020	CAUDAL:	0,048 m³/s	RESPONSABLES:	Sara Cuchipe/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	768116.5	Y	9898604.4	ALTITUD	2799 m.s.n.m.	P1- BARRIO SAN JOSÉ
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICES		
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	3	7	7	3
2	Insecta	Trichoptera	Rhyacophilidae	3	7	1	3
3	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	12	1	1	-
4	Insecta	Diptera	Chironomidae	3	2	2	-
5	Gordioida	Gordioidea	Chordodidae	3	10	1	-
6	Mollusca	Gastropoda	Lymnaeidae	3	4	3	-
7	Insecta	Coleoptera	Lutrochidae	3	6	1	-
8	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	3	7	5	-
9	Oligochaeta	Ophistopora	Lumbricidae	21	1	1	-
TOTAL				54	45	22	6
RESULTADOS:				Dudosa	Mala	11% Mala	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Tabla 21

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Diciembre en el río Yanayacu (P2)

DICIEMBRE							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	17/12/2020	HORA DE RECOLECCIÓN:	11:34	TEMPERATURA:	16 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/12/2020	CAUDAL:	0,37m ³ /s	RESPONSABLES:	Sara Cuchiye/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	767136.8	Y	9898147.9	ALTITUD	2806	P2-BARRIO SAN MARTÍN m.s.n.m.
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES		
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Insecta	Trichoptera	Rhyacophilidae	3	7	5	3
2	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	39	1	1	-
3	Insecta	Diptera	Chironomidae	6	2	2	-
4	Gordioida	Gordioidea	Chordodidae	3	10	5	-
5	Oligochaeta	Ophistopora	Lumbricidae	6	1	1	-
TOTAL				57	21	14	3
RESULTADOS:				Crítica	Mala	5% Mala	Poca

Elaborado por: Equipo de investigación

Tabla 22

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Diciembre en el río Yanayacu (P3)

DICIEMBRE								
INFORMACIÓN GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	17/12/2020	HORA DE RECOLECCIÓN:	12:30	TEMPERATURA:	17 °C			
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/12/2020	CAUDAL:	0,94 m ³ /s	RESPONSABLES:	Sara Cuchiye/Tania Vasco			
COORDENADAS:	X	764999.2	Y	9896598.1	ALTITUD	2800 m.s.n.m.	P3- CASA DE LA CULTURA	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	3	1	1	-	
2	Insecta	Diptera	Chironomidae	27	2	2	-	
3	Oligochaeta	Ophistopora	Lumbricidae	6	1	1	-	
4	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	3	4	1	-	1,6
5	Mollusca	Gastropoda	Valvatidae	3	3	1	-	
TOTAL				42	11	6	0	
RESULTADOS:					Muy crítica	Pésimo	0% Mala	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

20.4. ANEXO D. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE ENERO

Tabla 23

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Enero en el río Yanayacu (P1)

ENERO							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	18/01/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:	9:30	TEMPERATURA:	16 °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/01/2021	CAUDAL:	0,034 m ³ /s	RESPONSABLES:	Sara Cuchiye/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	768116.5	Y	9898604.4	ALTITUD	2799 m.s.n.m.	P1- BARRIO SAN JOSÉ
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	ÍNDICES			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P.T	SHANNON-WEAVER
1	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	45	1	1	-
2	Oligochaeta	Ophistopora	Lumbricidae	60	1	1	-
3	Insecta	Diptera	Tipulidae	90	3	5	-
4	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	15	9	8	15
5	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	30	4	1	-
6	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	30	7	7	30
7	Mollusca	Gastropoda	Lymnaeidae	6	4	3	-
8	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	8	5	5	-
9	Insecta	Coleoptera	Hydrochidae	10	4	1	-
TOTAL				294	38	32	45
RESULTADOS:				Dudosa	Mala	15% Mala	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Tabla 24

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Enero en el río Yanayacu (P2)

ENERO							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	18/01/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:	10:30	TEMPERATURA:	17°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/01/2021	CAUDAL:	0,26 m³/s	RESPONSABLES:	Sara Cuchiye/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	767136.8	Y	9898147.9	ALTITUD	2806 m.s.n.m.	P2- BARRIO SAN MARTÍN
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICES		
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P. T	SHANNON-WEAVER
1	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	24	1	1	-
2	Insecta	Diptera	Chironomidae	20	2	2	-
3	Insecta	Coleoptera	Dryopidae	9	5	5	2,1
4	Insecta	Trichoptera	Glossosomatidae	6	7	7	6
5	Oligochaeta	Ophistopora	Lumbricidae	15	1	1	-
TOTAL				74	16	16	6
RESULTADOS:				Crítica	Mala	8% Mala	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

Tabla 25

Número de Individuos Encontrados en el Mes de Enero en el río Yanayacu (P3)






ENERO							
INFORMACIÓN GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	18/01/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:	11:36	TEMPERATURA:	17, 5°C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	18/01/2021	CAUDAL:	0,45 m³/s	RESPONSABLES:	Sara Cuchipec/Tania Vasco		
COORDENADAS:	X	764999.2	Y	9896598.1	ALTITUD	2800 m.s.n.m.	P3- CASA DE LA CULTURA
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		ÍNDICES		
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA	BMWP/col	ABI	E.P. T	SHANNON-WEAVER
1	Oligochaeta	Lumbriculida	Lumbriculidae	24	1	1	-
2	Insecta	Diptera	Chironomidae	12	2	2	-
3	Oligochaeta	Ophistopora	Lumbricidae	9	1	1	-
4	Insecta	Coleoptera	Chrysomelidae	6	4	1	-
6	Insecta	Diptera	Tipulidae	10	3	5	-
7	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	3	3	3	-
TOTAL				64	14	13	0
RESULTADOS:				Muy crítica	Pésimo	0% Mala	Media

Elaborado por: Equipo de investigación

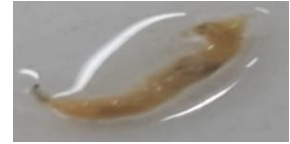
20.5. ANEXO E. DESCRIPCIÓN BIOINDICADORES

Tabla 26

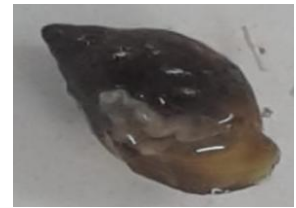
Guía de Macroinvertebrados Acuáticos Encontrados en el río Yanayacu

N°	TAXONOMÍA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
1	Clase Insecta Orden Diptera Familia Simuliidae	En el margen lateral de los segmentos 3 al 6 presentan setas delgadas organizadas de manera regular. El margen anterior del labio es relativamente recto (Rincon et al., 2017).	
2	Clase Oligochaeta Orden Opisthopora Familia Lumbricidae	Organismos de tamaño variable desde muy pequeños hasta el tamaño de una lombriz de tierra. Cuerpo cilíndrico y segmentado (metámeros) con presencia de setas (Pérez, 2003).	
3	Clase Insecta Orden Diptera Familia Chironomidae	Larvas con tamaño muy variado, desde pocos milímetros hasta más de 20, la cápsula craneal es completa bien quitinizada, no retráctil sobre el tórax. Poseen 12 segmentos corporales, cuerpo generalmente cubierto de setas dispuestos en hileras, mechones o distribuidos irregularmente (Castro et al., 2014).	 
4	Clase Insecta Orden Diptera Familia Athericidae	Larvas acéfalas. Mandíbulas en forma de gancho, en disposición vertical con respecto a la cabeza. Con pseudópodos. Extremo caudal con prolongaciones (1 ó 5 pares) más largas que el último par de pseudópodos (Barcia et al., 2012).	
5	Clase Insecta	Uñas anales con forma de garfio. Meso y metanoto membranosos. Primer segmento	

- Orden** Trichoptera
Familia Psychomyiidae
- 6 **Clase** Ochrotrichia
Orden Trichoptera
Familia Hydroptilidae
- 7 **Clase** Anélido
Orden Oligochaeta
Familia Tubificidae
- 8 **Clase** Platelminetos
Orden Tricladida
Familia Dugesiidae
- 9 **Clase** Platelminetos
Orden Tricladida
Familia Planariidae
- 10 **Clase** Fossaria
Orden Gastropoda
Familia
- abdominal sin protuberancias. Segmento abdominal IX membranoso. Patas con uñas cortas. Primer par de patas más gruesas que las demás (Barcia et al., 2012).
- Abdomen con un par de uñas anales en forma de gancho. Metanoto totalmente esclerotizado. Sin branquias abdominales ventrales. Segmento abdominal IX con un esclerito dorsal. Con estuche de morfología variada (Barcia et al., 2012).
- Gusanos anillados que viven en el lodo que presenta alto contenido de materia orgánica (en el sedimento de estanques, humedales y orillas de los ríos). La alta concentración de gusanos es signo de contaminación del agua (Garrido et al., 2012).
- Organismos de simetría bilateral, de cuerpo blando (aunque muertos suelen tornarse duros) y epidermis ciliada, aplanados dorsoventralmente. Se caracterizan porque su cabeza termina en forma de flecha (Pérez, 2003).
- Presentan un intestino trifurcado y unos ovarios situados anteriormente, cercanos al cerebro. Se alimentan a través de un tubo retráctil llamado faringe. La faringe también les sirve para la excreción (H. González et al., 2019).
- Espira larga y aguda (4-5 vueltas, con la última comprimida). Abertura de la concha tan ancha como larga (Garrido et al., 2012).



- Lymnaeidae
- 11 **Clase** Espira breve con 3 vueltas, concha delgada y frágil. Abertura de la concha más larga que ancha (Barcia et al., 2012).
- Pseudosuccinea
- Orden**
- Gastropoda
- Familia**
- Physidae
- Clase** Cabeza y piezas bucales hipognatas (dirigidas hacia abajo), antenas largas (dos o más veces el ancho de la cabeza), ojos simples (ocelos) laterales ubicados posteriores a la sutura epicraneal, clípeo no fusionado a la frente, palpos maxilares y labiales de tres segmentos (Yumbo et al., 2018).
- 12 **Insecta**
- Orden**
- Ephemeroptera
- Familia**
- Baetidae
- 13 **Clase** Larvas de color blanco, generalmente subcilíndricas con la región anterior aguzada, esqueleto cefalofaríngeo muy reducido, último segmento abdominal redondeado, truncado o terminado en un par de procesos tubulares que portan los espiráculos. (H. González et al., 2019)
- Clase**
- Insecta
- Orden**
- Diptera
- Familia**
- Muscidae
- 14 **Clase** Cuerpo lateralmente comprimido, de 2,5 a 20 mm desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson (último segmento antes de la cola), cada segmento del tórax lleva un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereiópodos (H. González et al., 2019).
- Clase**
- Crustáceo
- Orden**
- Amphipoda
- Familia**
- Hyalellidae
- 15 **Clase** Presentan formas de cuerpo variables (cilíndrica, subcilíndrica o aplanada) con branquias caudales a modo de penacho de filamentos ubicadas en una cámara apical
- Clase**
- Insecta
- Orden**
- Coleoptera



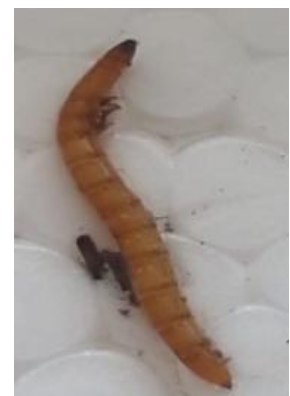
- Familia** Elmidae
cubierta por una tapa u opérculo y un par de ganchos (Castro et al., 2014).
- 16 **Clase** Insecta
Orden Lepidóptera
Familia Pyralidae
Con ojos simples. Mandíbulas de longitud menor o igual a la de la cabeza. Con 3 pares de patas articuladas y 5 pares de pseudópodos abdominales (Garrido et al., 2012).
- 17 **Clase** Insecta
Orden Trichoptera
Familia Glossosomatidae
Uñas anales con forma de garfio. Mesonoto membranoso o con dos pequeños escleritos aislados. Metanoto membranoso. Primer segmento abdominal sin protuberancias. Segmento abdominal IX con una placa dorsal esclerotizada. Apéndices anales cortos, con uñas pequeñas (Garrido et al., 2012).
- 18 **Clase** Insecta
Orden Trichoptera
Familia Rhyacophilidae
Uñas anales con forma de garfio. Meso y metanoto membranosos. Primer segmento abdominal sin protuberancias. Segmento abdominal IX con una placa dorsal esclerotizada. Apéndices anales largos y robustos, con uñas fuertes y prominentes. Sin estuche. (Garrido et al., 2012)
- 19 **Clase** Oligochaeta
Orden Lumbriculida
Familia Lumbriculidae
Cuerpo segmentado, sin ventosas. Con dos quetas por fascículo. Longitud entre 10 y 40 mm. Diámetro del cuerpo menor de 2 mm (Garrido et al., 2012).
- 20 **Clase** Gordioida
Orden Gordioidea
Su forma se asemeja a un nemátodo, pueden alcanzar longitudes de 30-40 cm. El cuerpo es cilíndrico y mantiene un diámetro uniforme de 1 mm. La parte anterior es



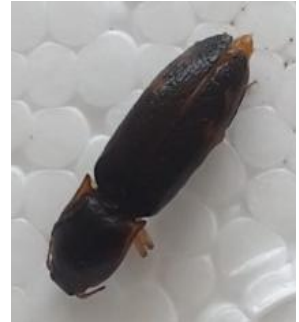
- Familia** Chordodidae (Gordiidae)
- 21 **Clase** Mollusca
Orden Gastropoda
Familia Lymnaeidae
- 22 **Clase** Insecta
Orden Coleoptera
Familia Lutrochidae
- 23 **Clase** Insecta
Orden Coleoptera
Familia Scirtidae
- 24 **Clase** Insecta
Orden Coleoptera
Familia Chrysomelidae
- 25 **Clase** Mollusca
Orden
- redondeada con una apertura hacia la boca y la parte posterior es bifurcada (Rincon et al., 2017).
- Posee una concha alargada y aguda, sin opérculo, con la abertura hacia el lado derecho. Para determinar hacia qué lado está abierta la concha hay que ubicar los especímenes con la punta de la espiral hacia arriba (H. González et al., 2019).
- Coleópteros pequeños de color oscuro y cuerpo pubescente de 3,0 a 6,0 mm, las antenas con los segmentos basales agrandados y los nueve restantes ligeramente clavados. Se los suele encontrar en aguas corrientes (H. González et al., 2019).
- Los adultos de esta familia son escarabajos pequeños (1,5-12mm), de hábitos terrestres. Las larvas son acuáticas, tienen antenas largas multisegmentadas y el cuerpo alargado u ovalado y ligeramente aplanado dorsoventralmente, con setas gruesas y cortas. Abdomen con nueve segmentos, sin urogonfos (Palma, 2013).
- Adulto: Cabeza sin rostro, antenas largas y aliformes. Margen externo distal del élitro provisto de un fuerte denticulo. Tarsos con cuatro artejos, el tercero corto y bilobulado (Palma, 2013).
- Concha muy pequeña, con ombligo muy evidente. Abertura perfectamente circular y



- Gastropoda opérculo transparente. Tamaño: 3 - 5 mm
Familia (Garrido et al., 2012).
 Valvatidae
- 26 **Clase** Larvas hemicéfalas. Mandíbulas en forma
 Insecta de pinza, en disposición horizontal con
Orden respecto a la cabeza. Disco espiracular con
 Diptera 6 o más lóbulos (Palma, 2013).
Familia
 Tipulidae
- 27 **Clase** Las larvas tienen la boca dirigida hacia
 Insecta adelante (prognata), solo poseen el pronoto
Orden esclerotizado. Patas anteriores queladas (la
 Trichoptera uña formada por una expansión del fémur se
Familia opone a la tibia y a los tarsos, formando una
 Hydrobiosidae pinza) y pseudo-patas anales largas.
 Esclerito de color oscuro en la parte dorsal
 del noveno segmento abdominal (Yumbo
 et al., 2018).
- 28 **Clase** Adulto: Cuerpo generalmente cubierto por
 Insecta una fina pubescencia. Con antenas cortas,
Orden compactas y con el segundo segmento de
 Coleoptera mayor tamaño. Tamaño: 3 - 8 mm. De
Familia coloración negra, marrón o grisácea. Larva:
 Dryopidae Patas con 4 artejos. Abdomen con 9
 segmentos, el último tan largo como ancho,
 redondeado y entero, sin branquias anales.
 (Barcia et al., 2012)
- 29 **Clase** Adulto: Cuerpo generalmente oval u oval-
 Insecta alargado. De coloración variada, de pardo
Orden claro a negro. Con antenas filiformes y
 Coleoptera apófisis metacoxales estrechas, con formas
Familia variadas. Tamaño: 1 - 45 mm. Larva:
 Dytiscidae Mandíbulas largas, estrechas, arqueadas y



		con un canal. Patas con 5 artejos y 2 uñas, sin branquias (H. González et al., 2019).
30	Clase	Adulto: Antenas con 7 artejos, los últimos forman una maza pubescente de 3 segmentos. Pronoto sin surcos longitudinales, con la máxima anchura en la región anterior o media. Ojos prominentes.
	Insecta	
	Orden	
	Coleoptera	
	Familia	
	Hydrochidae	Tamaño: 3 - 6 mm (H. González et al., 2019).



Elaborado por: Equipo de investigación

20.6. ANEXO F. RESULTADOS DEL LABORATORIO

Figura 5

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San José(P1) correspondiente al mes de noviembre.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-401
Pág. 1 de 3

USUARIO:	UTC		
PERSONA DE CONTACTO:	Sara Cuchipe		
DIRECCIÓN:	Latacunga		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	979958012	No Reporta	Email: sarace'ene2@gmail.com
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	20/11/2020	14H43	OT: 20-100
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	20/11/2020	a	25/11/2020
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	3/12/2020		

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-401	Agua Natural	Punto 1 Yana 1	Rio Yanayacu Barrio San	20/11/2020	10H23	758116.5 9898604.4
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio
INAMHI
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: jcartagena@inamhi.gob.ec



Laboratorio Nacional de Calidad de
Aguas y Sedimentos

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-401

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	0,85 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	7,84
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	32
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	2,057

"Los ensayos marcados con (*) NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"

"(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"

Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena

Coordinador de Laboratorio

Figura 6

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San Martín (P2) correspondiente al mes de noviembre.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-402
Pág. 1 de 3

USUARIO:	UTC		
PERSONA DE CONTACTO:	Sara Cuchiye		
DIRECCIÓN:	Latacunga		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	979958012	No Reporta	Email: saracelene2@gmail.com
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	20/11/2020	14H43	OT: 20-100
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	20/11/2020	a	25/11/2020
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	3/12/2020		

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-402	Agua Natural	Punto 2 Yana 1	Rio Yanayacu Barrio San Martín	20/11/2020	10H10	767136.8 9898147.9
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN Y MONITOREO
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: icartagena@inamhi.gob.ec

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

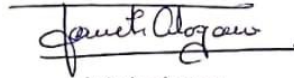
N°. 20-402

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	0,69 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	15,92
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	33
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	1,551

"Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE"*

**(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"*



Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
**LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS**

Figura 7

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Casa de la Cultura (P3) correspondiente al mes de noviembre.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-403
Pág. 1 de 3

USUARIO:	UTC		
PERSONA DE CONTACTO:	Sara Cuchiye		
DIRECCIÓN:	Latacunga		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	979958012	No Reporta	Email: saracelene2@gmail.com
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	20/11/2020	14H43	OT: 20-100
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	20/11/2020	a	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	3/12/2020		

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-403	Agua Natural	Punto 3 Yana 2	Río Yanayacu Casa de la Cultura	20/11/2020	09H45	764999.2 9896598.1
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica

Autorizado por:
Dra. Janeth Cartagena
Coordinador de Laboratorio
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: lcartagena@inamhi.gob.ec

INFORME DE RESULTADOS

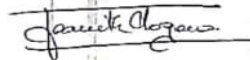
RC38-06

N°. 20-403
Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ -A y B	mg/L	0,69 ^(a)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	38,60
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	79
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-P C.	mg/L	1,913

Los ensayos marcados con () NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE*

**^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE*



Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinadora de Laboratorio


 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
**LABORATORIO NACIONAL
 DE CALIDAD DE AGUA
 Y SEDIMENTOS - LANCAS**

Figura 8

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San José (P1) correspondiente al mes de diciembre.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-512
Pág. 1 de 3

USUARIO:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI		
PERSONA DE CONTACTO:	Sara Cuchipe		
DIRECCIÓN:	Latacunga La Merced		
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	097995812	Email: saracelene2@gmail.com
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica		
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	18/12/2020	08H15	OT: 20-123
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea		
FECHA DE ANÁLISIS:	18/12/2020	a	23/12/2020
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	30/12/2020		

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-512	Agua Natural	Punto 1 Yana 1	Río Yanayacu	17/12/2020	10H24	768116.5 9898604.4
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.
Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.
Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.
El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).
Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.
Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.
NR: No Reporta
NA: No Aplica


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinadora de Laboratorio


Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: jcartagena@inamhi.gob.ec

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-512

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	2,09
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	0.27 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	4 ^(a)
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 A y B	mg/L	416,0
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	0,966 ^(a)

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

^(a) Los valores reportados se encuentran fuera del alcance de Acreditación del SAE"



Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



INAMHI
INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Figura 9

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del Barrio San Martín (P2) correspondiente al mes de diciembre.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

 N°. 20-513
 Pág. 1 de 3

USUARIO:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI			
PERSONA DE CONTACTO:	Sara Cuchipe			
DIRECCIÓN:	Latacunga La Merced			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	097995812	Email:	saracelene2@gmail.com
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	18/12/2020	08H15	OT:	20-123
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	18/12/2020	a	23/11/2020	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	30/11/2020			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-513	Agua Natural	Punto 2 Yana 2	Río Yanayacu	17/12/2020	11H34	767136.8 9898147.9
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados sólo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

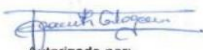

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: jcartagena@inamhi.gob.ec

INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-513

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	1,65
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	14,28
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	30
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 A y B	mg/L	602,0
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	2,208

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:*No aplica*

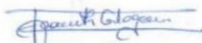


Autorizado por:
Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA
LABORATORIO NACIONAL
DE CALIDAD DE AGUA
Y SEDIMENTOS - LANCAS

Figura 10

Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de la Casa de la Cultura (P3) correspondiente al mes de diciembre.



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-514
Pág. 1 de 3

USUARIO:	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI			
PERSONA DE CONTACTO:	Sara Cuchiye			
DIRECCIÓN:	Latacunga La Merced			
TELÉFONO CONVENCIONAL / CELULAR:	No Reporta	097995812	Email:	saracelene2@gmail.com
MÉTODO DE MUESTREO:	No Aplica			
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE LAS MUESTRAS:	18/12/2020	08H15	OT:	20-123
LUGAR DE ANÁLISIS:	LANCAS: Núñez de Vela N36-15 y Corea			
FECHA DE ANÁLISIS:	18/12/2020	a	23/11/2020	
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME:	30/11/2020			

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA:

Código del laboratorio	Matriz	Identificación o Código	Lugar de toma de muestra	Fecha de toma de muestra	Hora de toma de muestra	Coordenadas
M-20-514	Agua Natural	Punto 3 Yana 3	Río Yanayacu	17/12/2020	12H30	764999.2 9896598.1
Observaciones / Condición de recepción de la muestra						
No Aplica						

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

"Laboratorio de ensayo acreditado por el SAE con acreditación N° SAE LEN 15-005"

El informe no podrá ser reproducido total ni parcialmente, salvo autorización escrita de LANCAS.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas. LANCAS declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

Este informe no es válido sin la firma del Coordinador de Laboratorio y el sello de LANCAS.

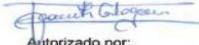

El laboratorio se hace responsable de toda la información suministrada en el informe, excepto de la información proporcionada por el usuario. (Los datos proporcionados por el usuario se muestran en gris).

Los resultados se aplican a la muestra tal como se recibió. LANCAS declina toda responsabilidad por el muestreo externo realizado.

Lancas no realizará declaraciones de conformidad con una especificación o la norma y la regla de decisión.

NR: No Reporta

NA: No Aplica


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinador de Laboratorio


Dirección: Iñaquito N36-14 y Corea - Teléfonos: 3971-100, ext. 1201, 1202.
Email: cartagena@inamhi.gob.ec



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

N°. 20-514

Pág. 2 de 3

Párametros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	1,35
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	17,08
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	31
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 A y B	mg/L	762,0
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017.4500-P C.	mg/L	1,916

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

No aplica


 Autorizado por:
 Dra. Jeaneth Cartagena
 Coordinadora de Laboratorio


20.7. ANEXO G. REGISTRO FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Recaudación de muestras de agua para el correspondiente análisis Físico - Químicos y Microbiológicos.



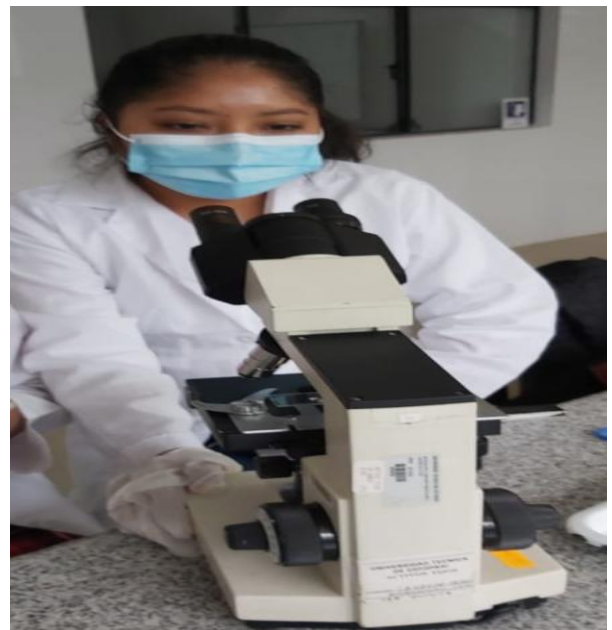
Fotografía 2. Medición del caudal



Fotografía 3. Muestreo de macroinvertebrados en el río Yanayacu



Fotografía 4. Identificación de macroinvertebrados



20.8. ANEXO H. CURRICULUM VITAE DEL TUTOR

CURRICULUM VITAE 1



1.- DATOS PERSONALES

APELLIDOS: CLAVIJO CEVALLOS
 NOMBRES: MANUEL PATRICIO
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 0501444582
 NÚMEROS TELEFÓNICOS: 032824577 – 0992050541
 E-MAIL: patricio_clavijo2005@yahoo.com
 manuel.clavijo@utc.edu.ec

2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL SENESCYT	CÓDIGO DE REGISTRO SENESCYT
TERCER	LICENCIADO EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN ESPECIALIDAD BIOLOGÍA Y QUIMICA	3 DE AGOSTO DEL 1992	1010-02-142218
CUARTO	MASTER EN CIENCIAS DE LA EDUCACION MENCION PLANEAMIENTO DE INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR	03 DE JUNIO DEL 2003	1020-03-399385
CUARTO	DIPLOMADO SUPERIOR EN NUEVAS TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN Y SU	19 DE OCTUBRE DEL 2007	1008-07-668233

	APLICACIÓN EN LA PRÁCTICA DOCENTE ECUATORIANA		
CUARTO	MAGÍSTER EN GESTIÓN AMBIENTAL	28 de JUNIO DEL 2017	1036-2017- 185915

3.- EXPERIENCIA LABORAL

- ❖ Asistente Científico del Área de Plantas Terrestres – Estación Científica Charles Darwin- Galápagos. 1991.
- ❖ Asistente de cátedra de Microbiología y Zoología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Ayudante de Laboratorio de Microbiología y Biotecnología. Universidad Técnica de Ambato. Febrero 1992 - 1993.
- ❖ Técnico de Laboratorio Pedagógico. Instituto Tecnológico “Pelileo”. Enero 1995 – 1999.
- ❖ Docente del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Abril 2001- 2012.
- ❖ Vicerrector del Colegio “HUAMBALO” – Prov. del Tungurahua. Agosto 2003 – 2009.
- ❖ Primer Vocal de Consejo Directivo del Colegio Nacional “HUAMBALO” 2003-2005, 2007-2009.
- ❖ Gerente del laboratorio de larvas de camarón “CEGAL”. Prov. De El Oro. 1999-2001.
- ❖ Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Carrera de Ingeniería Ambiental.
- ❖ Coordinador Nacional de Ciencias Experimentales del Proyecto de Nuevo Bachillerato Ecuatoriano – Ministerio de Educación. 2010.
- ❖ Director de la Carrera de Ingeniería Ambiental – UTC

4.- PONENCIAS

- Ponente en las XV Jornadas Nacionales de Biología Guayaquil, con el tema: Estudio de las plantas introducidas en las islas pobladas de Galápagos.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi por macroinvertebrados, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el I Congreso Internacional de Investigación Científica Universidad Técnica de Cotopaxi, tema: Blended Learning en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Matemática de los estudiantes de Primero de Bachillerato de los

colegios públicos del Cantón Latacunga, apoyando a la construcción colectiva de un aula virtual.

- Expositor en el III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo sostenible – Ecuador 2017, con el tema: Estimación de la calidad del agua del río Cutuchi, Latacunga, Cotopaxi, mediante análisis de bioindicadores.
- Expositor en el III Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Integrados por un desarrollo sostenible”, con el tema: Análisis de los contaminantes por fuentes móviles en el Cantón Latacunga.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación del gen 18S como marcador genético para la identificación molecular de diatomeas epilíticas.
- Expositor en el I Congreso Binacional Ecuador – Perú “AGROPECUARIA, MEDIO AMBIENTE Y TURISMO 2019” con el tema: Evaluación de la variabilidad en la calidad del agua mediante bioindicadores en el río Calope, La Maná.

5.- SEMINARIOS DICTADOS

- Expositor en el Seminario de Diseño de Tesis – Cotopaxi - 2005
- Expositor en Curso Teórico – Práctico de Educación para la Salud - Tungurahua - Huambalo febrero 2009.
- Expositor en el Tercer Foro Ambiental sobre la Influencia de Virus AH1N1 y su relación con el Medio Ambiente – U.T.C. – Latacunga junio 2009.
- Expositor en el Seminario de “Diseño de Tesis”. Colegio de Ingenieros Agrónomos de Cotopaxi. - UTC. Latacunga septiembre 2005.
- Facilitador en el Taller sobre el Nuevo Bachillerato Unificado Ecuatoriano, Universidad Nacional de Loja. Loja 2011.

6.- PROYECTOS REALIZADOS

- Estudio de Plantas Introducidas en el Sector Urbano de la Provincia de Galápagos. Galápagos junio – diciembre 1991.
- Relación de la Universidad con el Sector Productivo en la Provincia de Cotopaxi. Latacunga Julio 1999.
- Estudio Biótico del Relleno Sanitario en el Cantón Salcedo. Salcedo mayo 2008.
- Director y Asesor de Tesis de la U. A. CAREN. UTC, a nivel de Pregrado y Posgrado, con los temas:

- Elaboración de Cerveza a partir de Maíz (*Zea mays*), Mote (*Zea mays* var.) y Quinoa (*Chenopodium quinoa*) por medio de Métodos Tradicionales del Ecuador.
- Bioanálisis, aislamiento e identificación de Micorrizas Arbusculares (MA) en el sistema radicular en Rosas de exportación en Blooming Rose Farm, Salcedo Cotopaxi.
- Diseño de un Proyecto Pedagógico Ambiental y su aplicación en la Escuela de Educación Básica Juan Abel Echeverría de la Parroquia San Buenaventura, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.
- Tratamiento de Aguas residuales procedentes del camal municipal de Francisco de Orellana, provincia de Orellana mediante la utilización de Humedales Artificiales.
- Diseño de una planta de tratamiento de agua para consumo humano en el Centro de Experimentación y Producción Salache (CEYPSA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).
- Utilización de tres tipos de bioles a tres concentraciones en el cultivo de *Pisum sativum* en Planchaloma, Toacaso, Latacunga.
- Diseño de un Plan de Manejo de desechos de la Base Aérea FAE de la ciudad de Latacunga. 2012.
- Elaboración de sopa instantánea de arroz de cebada con tres tipos de saborizantes como alternativa de alimentación. 2013.
- Elaboración de biocombustibles a partir del Agave americana, con tres tipos de fermentos a dos temperaturas. 2013.
- Desarrollo de un biofiltro a partir de la cáscara de plátano en la empresa Waterfood en la provincia de Orellana. 2014
- Análisis de cultivo de patatas con lixiviados del relleno sanitario del cantón Salcedo. 2015
- Aislamiento de bacterias remediadoras en aguas residuales, cantón Pujili. 2015.
- Aislamiento de bacterias sulforremediadoras en tuberías petroleras. 2015
- Estudio biológico del Parque Nacional Llanganates, sector Provincia de Cotopaxi, 2016
- Estudio biótico en el Río Ambi, 2016
- Determinación de la calidad del agua a partir de macro y microinvertebrados de la Laguna Anteojos del Parque Nacional Llanganates 2017.
- Manejo integrado del Relleno Sanitario de la Mancomunidad Pujilí – Saquisilí.

- Actividades de EXTENSIÓN UNIVERSITARIA periodos 2009 – 2010.
- Identificación de diatomeas epilíticas como bioindicadores en el río Cutuchi, Cotopaxi, Ecuador.

7.- ARTÍCULOS

- UNIVERSIDAD Y SECTOR PRODUCTIVO - Revista ALMA MATER N° 3 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga septiembre 1998.
- LA SINERGIA INSTITUCIONAL - Revista ALMA MATER N° 4 – Universidad Técnica de Cotopaxi – Latacunga junio 1999.
- DETERMINACIÓN DE LOS CONTAMINANTES MEDIANTE LA OPACIDAD, PRODUCTO DE LA COMBUSTIÓN POR FUENTES MÓVILES A DIÉSEL EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI. Noviembre 2018
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES CO Y HC, EN FUENTES MÓVILES A GASOLINA EN EL CANTÓN LA MANÁ, PROVINCIA DE COTOPAXI. Noviembre 2018
- DETERMINACIÓN DE LOS GASES CONTAMINANTES O₂, CO₂, CO, NO_x Y SO₂ EN FUENTES FIJAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI Noviembre 2018.
- EVALUACIÓN DE CONSORCIOS FÚNGICOS NATIVOS PARA BIOLIXIVIAR LOS METALES PESADOS BARIO, VANADIO Y COBRE PRESENTES EN SEDIMENTOS DE LA LAGUNA DE COLTA DEL CANTÓN COLTA. Septiembre 2019
- Compilaciones Teóricas y Prácticas sobre: QUÍMICA GENERAL, QUÍMICA ORGÁNICA, BIOQUÍMICA, QUÍMICA ANALÍTICA, BIOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA, GENÉTICA, ÁREAS NATURALES DEL ECUADOR, BIOTECNOLOGÍA.

20.9. ANEXO I. CURRICULUM VITAE DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN



CURRICULUM VITAE

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres:	Cuchiye Muso Sara Celene
Cedula de Ciudadanía:	050371705-0
Ciudad:	La Maná
Provincia:	Cotopaxi
Dirección:	Parroquia Guasaganda-Recinto La Josefina
Teléfono fijo/celular:	032287037/0979958012
Correo electrónico:	saracelene2@gmail.com

2. INSTRUCCIÓN

Nivel de Instrucción	Nombre de la Institución
Nivel Primario	Escuela Fiscal “Dr. Carlos Andrade Marín”
Nivel Secundario	Unidad Educativa “Guasaganda”
Nivel Superior	Universidad Técnica de Cotopaxi Egresada de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

3. EXPERIENCIA LABORAL:

- Prácticas Pre-profesionales en la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi, Febrero – Marzo 2020.
- Prácticas Pre-profesionales en la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal del Cantón Salcedo, Agosto – Septiembre 2019.

4. CARGOS DESEMPEÑADOS

- Pasante en la Dirección de Gestión Ambiental del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi.
- Pasante en la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal del Cantón Salcedo.

5. CURSOS REALIZADOS

- Certificado de participación en el Foro “Los Recursos Hídricos en la provincia de Cotopaxi”.
- Certificado de participación como asistente en la “I Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental”.
- Certificado de participación como asistente en la “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental”.

6. REFERENCIAS PERSONALES

Ing. Marcela Muso Defaz

Ciudad: Quito

Ocupación: Ing. Agrónoma

Teléfono: 0999723712

Ps. Cl. Alba Lucia Suatunce

Ciudad: Taisha

Ocupación: Responsable de Salud Mental del Distrito 14D05 TAISHA.

Teléfono: 0960248326



CURRICULUM VITAE

I. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: Vasco Cevallos Tania Estefania

Cedula de Ciudadanía: 050373892- 4

Ciudad: Salcedo

Provincia: Cotopaxi

Dirección: Parroquia Mulliquindil Santa Ana – Sector San Francisco

Teléfono fijo/celular: 0998907723/0979085071

Correo electrónico: tania.vasco8924@utc.edu.ec

II. INSTRUCCIÓN

Nivel de Instrucción	Nombre de la Institución
Nivel Primario	Escuela Fiscal Mixta Rosa Zarate
Nivel Secundario	Unidad Educativa Victoria Vásquez Cuví
Nivel Superior	Universidad Técnica de Cotopaxi Egresada de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

III. EXPERIENCIA LABORAL:

- Prácticas Pre-profesionales en la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal del Cantón Salcedo, Agosto – Septiembre 2019.

IV. CARGOS DESEMPEÑADOS

- Pasante en la Dirección de Gestión Ambiental del GAD Municipal del Cantón Salcedo.

V. CURSOS REALIZADOS

- Certificado de participación como asistente en la “I Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental 2019”.
- Certificado de participación como asistente en la “II Jornada de Difusión de la Investigación Ambiental 2019”.
- Certificado de participación a la IV Edición del Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo “Ingeniería ambiental, avances y desafíos de la conservación y sostenibilidad en el Ecuador”.
- Certificado de haber aprobado las “III Jornadas de Difusión de la Investigación y Vinculación Ambiental 2020”.

VI. REFERENCIAS PERSONALES

Ing. Armando Tercero

Ciudad: Salcedo

Ocupación: Analista de Gestión Ambiental

Teléfono: 0984161552

M.Sc. Silvio Cabrera

Ciudad: Azuay

Ocupación: DIRECTOR PROVINCIAL MAE-AZUAY

Teléfono: 0960282670