



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS)
EN EL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), 2021”.**

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

Autoras:

Chuqui Lema Amparo Marisol

Manzaba Jimenez Roxana Carolina

Tutor:

Clavijo Cevallos Manuel Patricio Lcdo. M.Sc.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Amparo Marisol Chuqui Lema, con cédula de ciudadanía No. 0503810053 y **Roxana Carolina Manzaba Jimenez**, con cédula de ciudadanía No. 1725351629, declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: **“Determinación de calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) del río Machángara, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ),2021”**, siendo el Licenciado M.Sc. Manuel 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, 13 de agosto del 2021

Amparo Marisol Chuqui Lema
Estudiante
CC: 0503810053

Roxana Carolina Manzaba Jimenez
Estudiante
CC: 1725351629

Lcdo. M.Sc. Manuel 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 **CHUQUI LEMA AMPARO MARISOL**, identificada con cédula de ciudadanía **0503810053** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, 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 calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) del río Machángara, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ),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: Octubre 2016 – Marzo 2017

Finalización de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Lcdo. M.Sc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

Tema: **“Determinación de calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) del río Machángara, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ),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 13 días del mes de agosto del 2021.

Amparo Marisol Chuqui Lema

LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

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 **MANZABA JIMENEZ ROXANA CAROLINA**, identificada con cédula de ciudadanía **1725351629** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, 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 calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) del río Machángara, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ),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: Octubre 2016 – Marzo 2017

Finalización de la carrera: Abril 2021 – Agosto 2021

Aprobación en Consejo Directivo: 20 de mayo del 2021

Tutor: Lcdo. M.Sc. Manuel Patricio Clavijo Cevallos

Tema: “Determinación de calidad de agua por bioindicadores (macroinvertebrados) del río Machángara, del Distrito Metropolitano de Quito (DMQ),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 27 días del mes de agosto del 2021.

Roxana Carolina Manzaba Jimenez

LA CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) DEL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ),2021”, de Chuqui Lema Amparo Marisol y Manzaba Jimenez Roxana Carolina, 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 ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 13 de agosto del 2021

Lcdo. M.Sc. Manuel 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, la postulante: Chuqui Lema Amparo Marisol y Manzaba Jimenez Roxana Carolina, con el título de Proyecto de Investigación: “**DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), 2021**”, ha 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 los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 13 de agosto, 2021

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

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

Lector 3
Ing. Mg. José Antonio Andrade Valencia
CC: 0502524481

AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarnos salud para cumplir esta meta planteada y muy anhelado, por darnos la fortaleza para seguir adelante y no rendirnos 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.

Agradecemos a la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirnos las puertas y darnos la oportunidad de crecer y 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 que ha sido fundamental.

*Marisol Chuqui
Roxana Manzaba*

DEDICATORIA

A Dios por haberme permitido llegar hasta este momento tan importante, por la salud, fortaleza y sabiduría porque gracias a que he culminado una de mis metas tan anheladas.

A mis padres Raúl y Olguita por darme la vida, por ser el pilar fundamental, por su amor infinito y sacrificio incondicional de verme convertida en una verdadera profesional. Por sus consejos, por ser mis guías e inculcarme la sencillez, humildad y honradez, este logro alcanzado más que mío es de ustedes.

A mi hermano; Edison hermanas; Maribel, Bélgica y Fernanda quienes me han brindado apoyo, cariño y estima, a mis sobrinos y sobrinas quienes me llenan de dicha, alegría y felicidad. A mis abuelitos Manuel y Ignacia por ser unos de más grandes ejemplos por su apoyo moral, por haberme inculcado hábitos y valores.

A mi hija Eliza Tipantuña, por su cariño y amor sincero hacia a mí, por animarme aun a su corta edad, por motivarme a ser una excelente profesional. También una persona muy especial que puso Dios en mi camino Luis, quien creyó y cree infinitamente en mí, por estar conmigo en las buenos y malos apoyándome, motivándome día a día para alcanzar nuevas metas.

A Carito, mi compañera del presente proyecto de investigación, por su entereza y dedicación plasmada por su motivación y apoyo para el desarrollo y culminación del mismo.

Marisol Chuqui

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi madre Amalia Jimenez, pues sin ella no lo habría logrado. Tu bendición a diario a lo largo de mi vida me protege y me lleva por el camino del bien. Por eso te doy mi trabajo en ofrenda de tu paciencia y amor madre mía, te amo.

Gracias a Dios por haberme puesto en mi vida las personas correctas que me brindaron el apoyo necesario y cada día me ayudan a ser mejor y seguir creciendo, gracias a mi familia como mi hermano Gustavo Manzaba que me acompañó en este largo camino, no ha sido sencillo, pero gracias a mi dedicación, destrezas e inteligencia he logrado mi meta planteada

A Marisol Chuqui mi compañera de tesis por la motivación, esfuerzo y destreza que fue fundamental para lograr culminar este proyecto, por las bonitas experiencias y enseñanzas impartidas mutuamente.

Roxana Manzaba

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), 2021”

AUTORAS:

Chuqui Lema Amparo Marisol
Manzaba Jimenez Roxana Carolina

RESUMEN

Los ríos son importantes ecosistemas a proteger frente a la contaminación y otras alteraciones humanas y naturales, ya que es una fuente vital para todo ser vivo. La presente investigación se ejecutó en los meses de abril, mayo y junio, en los cuales se determinó la calidad de agua del río Machángara, mediante bioindicadores (macro invertebrados) e índice biológico (Biological Monitoring Working Party/Col, Índice Biológico Andino, Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera y el índice de biodiversidad de Shannon – Weaver); para lo cual se seleccionaron tres puntos de muestreo (P1 – La Recoleta, P2 – El Rosario, P3 – El Guabo). Conforme a los resultados alcanzados en la investigación se identificaron 7662 individuos de macro invertebrados acuáticos, los mismos que se encontraron distribuidos en 18 familias; el índice de Biological Monitoring Working Party/Col en el P1 y P3 se demostró una calidad de agua Crítica y en el P2 de Dudosa a Crítica. Con respecto al índice Biológico Andino y el Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera expresa una calidad de agua Mala en los tres meses, puesto que este índice se calcula con órdenes de macro invertebrados que son perceptibles a las variaciones ambientales. El índice de diversidad Shannon – Weaver mostró para los tres puntos un promedio 2.3 es decir, una diversidad media. De acuerdo con los 9 parámetros evaluados del ICA – NSF se concluyó que la calidad de agua en el P1 es Mala y en el P2 y P3 Pésima ya que aparece en un rango de 0 a 25. En la comparación con el TULSMA libro VI, Anexo I; Tabla 3. Criterios de calidad de aguas para riego agrícola, los parámetros Coliformes fecales y Oxígenos Disueltos en los tres puntos de estudio exceden los límites máximos permisibles. Con los resultados adquiridos se determinó que la calidad de agua está en un estado de Crítica a Pésima, manteniendo relación con resultados de estudios ya realizados en río Machángara, estos valores se ven afectados por la presencia de asentamientos y actividades humanas, además de excesivas descargas de aguas residuales que son evacuadas directamente al río sin ningún tratamiento.

Palabras clave: *contaminación, límites máximos permisibles, parámetros.*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: DETERMINATION OF WATER QUALITY BY BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE MACHÁNGARA RIVER, OF THE METROPOLITAN DISTRICT OF QUITO (DMQ), 2021 "

AUTHORS:

Chuqui Lema Amparo Marisol
Manzaba Jiménez Roxana Carolina

ABSTRACT

Rivers are important ecosystems to protect against pollution and other human and natural alterations, since they are a vital source for all living beings. This research was carried out in the months of April, May and June, in which the water quality of the Machángara river was determined, using bio indicators (macro invertebrates) and biological index (Biological Monitoring Working Party /Colombia, Andean Biological Index, Index Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera and the Shannon-Weaver biodiversity index); For which three sampling points were selected (P1-La Recolecta, P2- El Rosario, P3- El Guabo). According to the results achieved in the investigation, 7662 individuals of aquatic macro invertebrates were identified, the some ones that were found distributed in eighteen families; The Biological Monitoring Working Party / Colombia index in P1 and P3 Showed a Cristal Water quality and in P2 from Doubtful to Critical with respect to the Andean Biological Index and the Ephemeroptera Index, Plecóptera, Trichoptera expresses a poor water quality in the three months, since this index is calculated with orders of macro invertebrates that are perceptible to environmental variations. The Shannon – Weaver diversity index showed an average of 2.3 for the three points that is a medium diversity. According to the 9 evaluated parameters of the ICA-NSF, it was concluded that the water quality in P1 is Bad and in P2 and P3 Terrible since it appears in a range from 0 to 25. In comparison with the TULSA book VI, Annex I; Table 3. Water quality criteria for agricultural irrigation, the parameters Fecal Coliforms and Dissolved Oxygen in the three study points exceed the maximum permissible limits. With the results obtained, it was determined that the water quality is in a state of critical to terrible maintaining a relationship with the result of studies already carried out in the Machángara River, these values are affected by the presence of settlements and human activities, as well as excessive discharges that are evacuated directly to the river without any treatment.

keywords: *Contamination, maximum permissible limits, parameters.*

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	II
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	V
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	VII
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	VIII
AGRADECIMIENTO	IX
DEDICATORIA	X
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
ÍNDICE DE TABLA	XVII
ÍNDICE DE FIGURA	XIX
ÍNDICE FOTOGRÁFICO	XX
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	4
4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS	6
5.1. General	6
5.2. Específicos	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	8
7.1. Agua	8
7.2. Calidad de agua	9
7.3. Contaminación de fuentes hídricas	10
7.4. Contaminación química del agua	11
7.5. Bioindicadores (macroinvertebrados)	11
7.6. Índices biológicos de calidad de agua	13
7.7. Índices de calidad de agua mediante bioindicadores	14
7.8. El Índice Andean Biotic Index	16
7.9. Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera	18
7.10. Índice de diversidad de Shannon – Weaver	19
7.11. Índice de calidad de agua (ICA)	21
7.12. Propiedades e indicadores de la calidad del agua	22
7.13. Parámetros del índice de calidad de agua	23
7.13.1. Parámetros Físicos	23
7.13.1.1. Temperatura (° T)	23
7.13.1.2. Turbidez	23
7.13.1.3. Medición de la turbidez	24
7.14.1. Parámetros Químicos	24
7.14.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH)	24
7.14.1.2. Oxígeno Disuelto (OD)	25
7.14.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno	25
7.14.1.4. Nitratos	26
7.14.1.5. Fosfatos	26
7.14.1.6. Sólidos Totales Disueltos	26
7.15.1. Parámetros Microbiológicos	27
7.15.1.1. Coliformes Fecales	27
7.16. Río Machángara	27
8. MARCO LEGAL	29
8.1. Constitución de la República del Ecuador.	29
8.2. Código Orgánico Ambiental	29
8.3. Reglamento del Código Orgánico Ambiental	30
8.4. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DE AGUA.	30
9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	30
9.1. Preguntas Científicas	30

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	30
10.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	30
10.1.1. Método cualitativo	31
10.1.2. Método cuantitativo	31
10.1.3. Método Inductivo	32
10.1.4. La investigación documental	32
10.2. Técnicas	33
10.2.1. Técnica Documental	33
11.2.2. Técnica de Campo	33
10.2.3. Técnica de Observación de Laboratorio	33
10.3. Instrumentos	33
10.3.1. Libreta de Campo	33
10.3.2. GPS	33
10.3.3. Microscopio	33
10.3.4. Guía Taxonómica	33
10.3.5. Ficha de registro	34
10.3.6. Fotografías	34
10.3.7. Internet	34
11. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	34
11.1. Descripción del área de estudio	34
A.-Delimitación de la zona de estudio	34
11.2. Ubicación del estudio	35
11.3. Descripción del sitio de estudio	36
11.3.1. Sector La Recoleta	36
11.3.2. Sector El Rosario	36
11.3.3. Sector El Guabo	36
11.3.4. Aspectos físicos	37
11.3.5. Aspectos bióticos	38
11.4. Fase de Campo	39
11.4.1. Muestreos de los Macroinvertebrados	39
11.4.2. Técnica de muestreo de macroinvertebrados en aguas poco profundas.	39
Materiales	39
11.4.3. Técnica de recaudación de muestras de agua para el análisis Físico - Químicos y microbiológico.	40
Materiales	40
12. ANÁLISIS DE RESULTADOS	41
B.- Calidad de agua del río Machángara por medio bioindicadores (macro invertebrados).	41
12.1. Interpretación de resultados del mes de abril	42
13.2. Interpretación de resultados del mes de mayo	44
13.3. Interpretación de resultados del mes de junio	46
C.- Calidad de agua del río Machángara por los índices de calidad e índices biológicos.	47

13. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	53
13.1. Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos	53
13.2 Índice ICA-NSF	54
13.3. Macroinvertebrados como bioindicadores	55
14. RESPUESTA A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS	56
16. IMPACTOS (SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS)	57
16.1. Sociales	57
16.2. Ambiental	58
16.3. Económico	58
17. CONCLUSIONES	59
18. RECOMENDACIONES	60
19. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	61
20. ANEXOS	70
20.1. ANEXO A. AVAL DE TRADUCCIÓN	70
20.2. ANEXO B. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE ABRIL	71
20.3. ANEXO C. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE MAYO	74
20.4. ANEXO D. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE JUNIO	78
20.5. ANEXO E. DESCRIPCIÓN BIOINDICADORES	83
20.6. ANEXO F. RESULTADOS DEL LABORATORIO	90
20.7. ANEXO G. RESULTADOS DEL SOFTWARE IQADATA	99
20.8. ANEXO H. REGISTRO FOTOGRAFICO	107

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Beneficiarios del Proyecto	4
Tabla 2 Matriz de Actividades por Objetivos	7

Tabla 3 Puntaje asignado a cada familia de macro invertebrados acuáticos de acuerdo al índice BMWP	15
Tabla 4 Valores Designados por Medio del Método BMWP	16
Tabla 5 Puntaje para Macroinvertebrados Acuáticos Según la Propuesta del Índice ABI	17
Tabla 6 Puntajes para Calidad del Agua Según el Índice ABI	18
Tabla 7 Clasificación de Calidad de Agua Según el Índice EPT	19
Tabla 8 Evaluación de la Biodiversidad según Shannon-Weaver	21
Tabla 9 Clasificación del ICA	22
Tabla 10 Coordenadas geográficas del río Machángara en UTM	35
Tabla 11 Flora de los Lugares de Estudio	38
Tabla 12 Fauna los lugares de estudio	39
Tabla 13 Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Machángara Correspondiente al mes de abril	41
Tabla 14 Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Machángara correspondiente al mes de mayo	43
Tabla 15 Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Machángara correspondiente al mes de junio	45
Tabla 16 Comparación de los Resultados Físicos-Químicos y Microbiológicos	48
Tabla 17 Cuadro Comparativo de los Muestreos Realizados en los meses de abril, mayo y junio	51
Tabla 18 Número de especies encontradas en el mes de abril en La Recoleta	71
Tabla 19 Número de especies encontradas en el mes de abril en El Rosario	72
Tabla 20 Número de especies encontradas en el mes de abril en El Rosario	73
Tabla 21 Número de especies encontradas en el mes de mayo en La Recoleta	74
Tabla 22 Número de especies encontradas en el mes de mayo en El Rosario	75
Tabla 23 Número de especies encontradas en el mes de mayo en El Guabo	77

Tabla 24 Número de especies encontradas en el mes de junio en La Recoleta	78
Tabla 25 Número de especies encontradas en el mes de junio en El Rosario	80
Tabla 26 Número de especies encontradas en el mes de junio en El Guabo	81
Tabla 27 Guía de Macro invertebrados encontrados en el río Machángara	83

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Mapa de ubicación	34
Figura 2. Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de abril	42
Figura 3. Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de mayo	44
Figura 4. Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de junio	46
Figura 5. Caudal correspondiente a los meses de abril, mayo y junio	52
Figura 6. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes abril (P1)	90
Figura 7. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes abril (P2)	91
Figura 8. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes abril (P3)	92
Figura 9. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes mayo (P1)	93
Figura 10. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes mayo (P2)	94
Figura 11. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mayo (P3)	95
Figura 12. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes junio (P1)	96
Figura 13. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes junio (P2)	97
Figura 14. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes junio (P3)	98
Figura 15. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del La Recoleta (P1) correspondiente al mes de abril..	99
Figura 16. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos El Rosario (P2) correspondiente al mes de abril	100

Figura 17. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos El Guabo (P3) correspondiente al mes de abril	101
Figura 18. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de La Recoleta (P1) correspondiente al mes de mayo	102
Figura 19. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Rosario (P2) correspondiente al mes de mayo	103
Figura 20. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Guabo (P3) correspondiente al mes de mayo	104
Figura 21. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de La Recoleta (P1) correspondiente al mes de junio	105
Figura 22. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Rosario (P2) correspondiente al mes de junio	106
Figura 23. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Guabo (P3) correspondiente al mes de junio	107

ÍNDICE FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Recaudación de muestras de agua para el correspondiente análisis físico-químico y Microbiológico	107
Fotografía 2. Medición de Caudal	108
Fotografía 3. Muestreo de macroinvertebrados del río Machángara	108
Fotografía 4 Identificación de los macroinvertebrados en el Laboratorio de UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI (CEYSA)	109

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), 2021”

Lugar de ejecución:

Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquias Centro Histórico, Itchimbía, Puenguasi

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

Proyecto de investigación vinculado:

Evaluación de la sostenibilidad ambiental en Cuencas Hidrográficas de la Provincia de Pichincha.

Nombres de equipo de investigación:

Tutor: Lcdo. M.Sc. Clavijo Cevallos Manuel Patricio

Estudiante 1: Chuqui Lema Amparo Marisol

Estudiante 2: Manzaba Jimenez Roxana Carolina

LECTOR 1: Mg. José Luis Ágreda Oña

LECTOR 2: Ing. Oscar Daza Guerra

LECTOR 3: Mg. José Andrade Valencia

Área de Conocimiento:

Ciencias Naturales. Medio Ambiente, Ciencias Ambientales.

Línea de investigación:

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Sub-Línea 1 Manejo y conservación de la biodiversidad.

Línea de Vinculación:

Línea 1 Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el desarrollo humano social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El río Machángara es el más importante de la ciudad Quito, el cual muestra indicios de contaminación.

La calidad de su recurso hídrico ha sido afectada a causa de la falta de planificación, los asentamientos humanos han sido parte del problema socio ambiental con relación al crecimiento de la contaminación. El recurso hídrico ya mencionado recibe el 75% de las aguas residuales de la ciudad, además de grandes cantidades de basura y escombros que son arrojados ineludiblemente a lo largo de su cauce. (Chisaguano, 2015)

Este estudio contribuirá con los resultados que se obtengan, de tres puntos de muestreo de los sectores La Recoleta, El Rosario y El Guabo en el río Machángara, la calidad del agua estará determinada por la presencia de indicadores biológicos por ser una opción económicamente viable. A su vez, se proporcionará el Índice de Calidad del Agua (ICA NSF) para promover su estado actual. Con la implementación de este proyecto, el Área Metropolitana de Quito (DMQ) se beneficiará directamente.

Los resultados de la investigación permitirán comprender la calidad del agua y descubrir que los cambios provocados por aspectos ambientales, sociales y económicos forman parte de las principales fuentes de contaminación que afectan al recurso hídrico. La investigación tiene como objetivo brindar a las autoridades pertinentes información precisa sobre los resultados de los niveles de contaminación del río Machángara, tomar decisiones y formular políticas que ayuden a proteger el río, y proponer medidas de remediación, restauración y protección.

La carencia de una planta de tratamiento de las aguas residuales en el Distrito Metropolitano de Quito, ha venido afectando considerablemente a la población. Es el caso de la contaminación del río Machángara, su caudal de ninguna manera podría ser reutilizado por los habitantes sin previamente haber depurado el agua. Por otra parte, falta mayor concientización relacionada con el cuidado del río, allí arrojan todo tipo de desechos y aguas residuales, aumentando los factores de contaminación.

El río Machángara presenta una problemática común actualmente, porque el estado deplorable que presenta el río, se ha visto replicada en otras provincias del Ecuador. La contaminación del agua sigue creciendo a nivel mundial y lamentablemente las soluciones que presentan son escasas. Por ello es necesario analizar el impacto generado en el recurso hídrico, e importante saber la calidad del agua, por esa razón en la presente investigación se han estudiado tres puntos de muestreo los cuales son La Recoleta, El Rosario y El Guabo, ya que la contaminación del mismo estaría generando enfermedades a corto y largo plazo, a las personas que habitan en las riberas del río.

Por lo general, la contaminación afecta de manera común a la población aledaña y cercana al lugar de estudio, alcanzando inclusive poblaciones lejanas, tratándose del caudal de un río que atraviesa gran parte de la ciudad. Tomando en cuenta el uso que se le está dando actualmente al recurso hídrico y que las personas que habitan esas zonas tienen una economía baja, el desarrollo de este estudio podría encaminar a posibles soluciones para las autoridades.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1

Beneficiarios del Proyecto

BENEFICIARIOS DIRECTOS		BENEFICIARIOS INDIRECTOS	
Población de la Provincia de Pichincha		Población de Distrito Metropolitano de Quito	
Hombres:	23,018	Hombres:	1088,811
Mujeres:	19,456	Mujeres:	1150,380
Total:	42,474	Total:	2239,191

Nota. La presente tabla muestra las cantidades de los beneficiarios los cuales se dividen en directos e indirectos y se clasifica en hombres y mujeres. **Fuente:**(INEC, 2012)

4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El impacto del desarrollo de ciertas actividades humanas es peligroso para la calidad y cantidad de los recursos hídricos, estos aspectos son vitales para la supervivencia y el bienestar de los organismos de todo el mundo, los desechos de la agricultura, la deforestación, la tala, los canales de riego, la minería, los excrementos humanos, eventualmente terminan en los ríos y finalmente en el océano, la consecuencia es una reducción de una gran cantidad de animales acuáticos.

El agua que bebe la población a nivel mundial no está apta para el consumo manifiesta: (sanitation, 2019, pág. 30) “La mala calidad del agua afecta directamente a las personas que dependen

de estas fuentes como su principal suministro, limitando aún más su acceso al agua y aumentando los riesgos para la salud relacionados con el agua”.

En el Ecuador, los escasos estudios que se han realizado acerca de la calidad del agua son varios los causantes en el que se manifiesta: “Generados por los municipios, industria, agricultura, ganadería, residuos de grasas, aceites, detergentes, aguas residuales agrícolas y varios microorganismos son los contaminantes más habituales que se descargan de manera directa a los ríos”. (Bolívar, 2015).

La contaminación de los ríos en su trayectoria tiene varios factores en la que se presenta:

En Miravalle de Guápulo se observan tubos que conllevan residuos y por ende desembocan en el río, fundas plástico, piedras, llantas, palos, botellas, ropas, detergentes, todos estos elementos son contaminantes no degradables a corto plazo. Todo daño causado a la naturaleza debe ser reparado o remediado, debido a que éstos fueron ocasionados por las actividades irresponsables. (Carrera D. C., 2016)

El río Machángara enfrenta una serie de dificultades debido al crecimiento acelerado de la población:

El DMQ presenta problemas de contaminación de los ríos que se ha convertido en depositarios de aguas servidas, residuos químicos, basuras, entre otros materiales perjudicial, tales como: inestabilidad del suelo; generación de basureros y escombros ilegales; degradación del entorno paisajístico; alto riesgo en la generación de epidemias, originando focos de infección; expansión de moscas y roedores, ocasionando peligros indeseables para la comunidad, esta situación viene perjudicando la forma de vida de los habitantes. (Bolívar, 2015)

El DMQ tiene varias inconformidades, sus principales causas de contaminación:

Es generada por las emisiones de desechos, la falta de control en las industrias, hospitales, fábricas y casas cercanas al río, no cuenta con un sistema de alcantarillado que separe las aguas residuales, de las aguas de lluvia en la actualidad, no existe tratamiento previo para ser expulsadas al río. (Campaña A. &., 2017)

En la actualidad, debido al aumento de la población, los asentamientos humanos, su nivel de contaminación es muy alto, las actividades humanas son perjudiciales y tienen un impacto negativo irreversible. La calidad del agua en los puntos de muestreo se ha visto arduamente afectados, teniendo en cuenta que el agua es esencial para la vida. El río Machángara que atraviesa por el sector de La Recoleta,

El Rosario y El Guabo se ha convertido en un botadero de desechos, además son desaguaderos de los camales, las aguas servidas de las viviendas y por parte de las fábricas el agua es arrojada sin ningún tratamiento.

La situación económica en los sectores de estudio se ha identificado que son personas de escasos recursos, por ello no tienen servicios básicos una de las maneras más fáciles es botar todos los desechos al río, por ende la sociedad está acostumbrada a mantenerlo sucio, siendo los principales generadores de enfermedades, animales (ratas) y malos olores los más afectados son personas que está a las riberas del río, se identifica que la contaminación inicia desde donde el río atraviesa la ciudad hasta donde culmina, se ha observado que existen tubos que desfogon las aguas servidas sin un previo tratamiento, tiene como consecuencia la contaminación y la pérdida flora y fauna acuática.

5. OBJETIVOS

5.1. General

- Determinar la calidad del agua mediante la presencia de bioindicadores (macroinvertebrados) y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del río Machángara en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) de los Sectores de La Recoleta, El Rosario y El Guabo.

5.2. Específicos

- Delimitar el área establecida por medio de puntos georreferenciados.
- Identificar los bioindicadores (macro invertebrados) muestreados en los puntos de estudio del río Machángara.
- Evaluar la calidad del agua del río Machángara mediante la aplicación de los 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.

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

Tabla 2

Matriz de Actividades por Objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	METODOLOGÍA	RESULTADOS
-Delimitar el área de estudio por medio de tres puntos georreferenciados.	- Visita in situ al área de estudio. - Selección de los puntos de estudio: P1 La Recoleta, P2 El Rosario y P3 El Guabo, de acuerdo a la situación actual que presenta el área.	-Georreferenciación de los puntos de estudio con el apoyo de herramientas básicas como el GPS y el software ArcGIS. El GPS permitió obtener las coordenadas geográficas, mientras que con el software se pudo elaborar el mapa y exteriorizar los puntos de la zona de estudio.	- Tres puntos de estudio Geo referenciados. - Mapa de la zona de estudio.
-Identificar los bioindicadores (macro invertebrados) muestreados en los puntos de estudio del río Machángara.	- Trabajos de muestreo en campo en cada uno de los puntos de estudio. - Reconocimiento y clasificación de los bioindicadores en el laboratorio con el apoyo de una guía taxonómica.	-Muestreo en los puntos de estudio como trabajo en campo, donde se recolectó la mayor cantidad posible de bioindicadores que posteriormente se identificó en el laboratorio y se clasificó según su taxonomía (orden, clase y familia).	-Cantidad de bioindicadores (macro invertebrados) hallados en cada punto de estudio. - Especies de bioindicadores existentes en los puntos de estudio.
-Evaluar la calidad del agua del río Machángara mediante la aplicación de los 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).	- Cálculo de los índices biológicos BMWP/col, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver. -Muestreo y análisis Físico-Químicos y Microbiológicos del agua en los Sectores de La Recoleta, El Rosario y El Guabo -Cálculo del índice de calidad de agua y su comparación con el TULSMA, LIBRO VI, ANEXO I; Tabla 3 Criterio de calidad de agua para riego agrícola.	-Cuantificación de bioindicadores acorde a su clasificación taxonómica para el cálculo de los índices BMWP/col, ABI, E.P.T y Shannon – Weaver.	- Calidad de agua obtenida por los resultados de los cálculos de los Índices Biológicos. -Calidad de agua de los análisis Físico – Químicos y Microbiológicos obtenido por el ICA NSF.

Elaborado por: Autores

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. Agua

El agua que utilizan, ya sea que provenga de una fuente atmosférica, superficial o subterránea, debe ser tratada como parte de un único recurso:

La conectividad hidrológica que generalmente existe entre las distintas fuentes de agua hace que las extracciones y/o contaminaciones en una de ellas repercutan en la disponibilidad de las otras. De ello se desprende la necesidad de que el Estado ejerza controles sobre la totalidad de las fuentes de agua, dictando y haciendo cumplir la normativa para el aprovechamiento y protección de las diversas fuentes de agua como una sola fuente de suministro. (COHIFE, 2021)

Es agua es un elemento irremplazable para el sustento de la vida humana y el resto de los seres vivos en la que manifiesta:

Siendo al mismo tiempo un insumo imprescindible en innumerables procesos productivos, la escasez del agua se manifiesta gradualmente a medida que aumentan las demandas y los conflictos por su uso. Su carácter de vulnerable se manifiesta en la creciente degradación de su calidad, lo cual amenaza la propia existencia de la vida. (COHIFE, 2021)

Nuestros ríos, lagos, aguas costeras, marítimas y subterráneas, constituyen recursos valiosos que es preciso proteger:

Asimismo, contribuye a la estabilidad del funcionamiento del entorno y de los seres y organismos que en él habitan es, por tanto, un elemento indispensable para la subsistencia de la vida animal y vegetal del planeta. Es decir, que "el agua es un bien de primera necesidad para los seres vivos y un elemento natural imprescindible en la configuración de los sistemas medioambientales". En este aspecto, este líquido vital constituye más del 80% del cuerpo de la mayoría de los organismos e interviene en la mayor parte de los procesos metabólicos que se realizan en los seres vivos; además interviene de manera fundamental en el proceso de fotosíntesis de las plantas y es el hábitat de una gran variedad de seres vivos. (Paredes, 2021).

El agua es un elemento de la naturaleza, integrante de los ecosistemas naturales, fundamental para el sostenimiento y la reproducción de la vida en el planeta, además el agua se lo considera un recurso renovable siempre y cuando sea utilizada correctamente de caso contrario el agua sería un recurso no renovable.

7.2. Calidad de agua

La calidad del agua se la mantiene como la encontramos en la naturaleza depende fundamentalmente de las características de la cuenca hidrográfica:

Principalmente de los suelos y de la geología, pero la actividad antropológica es la más influyente en la polución de los ríos; la intensa actividad agrícola, ganadera y la urbanización presente a lo largo de las subcuentas de los ríos, constituyen la principal fuente de contaminación, por lo que disponer de agua para bebida con requisitos de calidad es muy difícil para algunos sectores de la población que utilizan estas fuentes de abastecimiento.

La calidad en un río, se refiere a la naturaleza y concentración de las sustancias que pueden estar presentes en un momento determinado; algunas son de origen natural, pero otras son introducidas por el hombre al utilizar el cuerpo receptor como el lugar idóneo para arrojar residuos. (Vasquez, 2019)

La calidad de agua resulta relativa, a la composición del agua en medidas en que haya sido afectada:

El agua tiene concentraciones de sustancias naturales, por su recorrido hasta el punto de muestreo superficial, o por actividades antrópicas. Las fuentes de agua superficial son eje de desarrollo de los seres humanos que permiten el abastecimiento para las diferentes actividades socioeconómicas llevadas a cabo en los asentamientos poblacionales; no obstante, de forma paradójica muchas de estas actividades causan alteración y deterioro de éstas. La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. (Puetate, Estefanía Gutiérrez, 2019)

La calidad del agua consiste en la alteración de las características del agua ocasionada por el hombre o por la naturaleza, como consecuencia de las actividades contaminantes no se puede hacer uso, además la calidad se da por el tipo de contaminación ya sea por desechos tales como aguas servidas,

domiciliaria, hospitalarias, basuras, plásticos, hasta animales en putrefacción que se encuentran en el agua.

7.3. Contaminación de fuentes hídricas

La Organización Mundial de la Salud (OMS) menciona sobre la importancia del recurso hídrico, en la que se manifiesta:

El agua contaminada como aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible. Es decir, es agua tóxica que no se puede ni beber ni destinar a actividades esenciales como la agricultura, además de una fuente de insalubridad que provoca más de 500.000 muertes anuales a nivel global por diarrea y transmite enfermedades como el cólera, la disentería, la fiebre tifoidea y la poliomielitis. (Iberdrola, 2019)

Los principales contaminantes del agua incluyen bacterias, virus, parásitos, fertilizantes, pesticidas, fármacos, nitratos, fosfatos, plásticos, desechos fecales y hasta sustancias radiactivas. Estos elementos no siempre tiñen el agua, haciendo que la contaminación hídrica resulte invisible en muchas ocasiones. Por esta razón, se suele recurrir al análisis químico de pequeñas muestras y organismos acuáticos para conocer el estado de la calidad del agua. (Iberdrola, 2019)

Una segunda categoría de agentes contaminantes del agua son los agentes consumidores de oxígeno; residuos que se pueden descomponer por las bacterias consumidoras de oxígeno. Cuando las poblaciones de bacterias son grandes la descomposición de los residuos tiene lugar y se consume mucho oxígeno pudiendo agotar el oxígeno disuelto en el agua. Esto puede ser causa de que otros organismos que viven en el agua, tal como pescados, mueran. (Pérez S. , 2011)

Una tercera clase de agentes contaminantes del agua son los agentes inorgánicos solubles en agua, tales como ácidos, sales y metales tóxicos.

Grandes cantidades de estos compuestos harán el agua inapropiada para beber y pueden causar la muerte de la vida acuática. Otra clase de agentes contaminadores del agua son los nutrientes; los nitratos y los fosfatos solubles en agua que causan el crecimiento excesivo de las algas y de otras plantas acuáticas, que agotan la fuente de oxígeno del agua. Esto mata a pescados y, cuando esta se encuentra en agua potable, puede matar a niños infantiles. (Pérez S. , 2011)

El agua se puede contaminar por un número de compuestos orgánicos tales como aceite, plásticos y pesticidas, que menciona (Mendez, 2017) son dañinos para los seres humanos y para las plantas y animales acuáticos.

Una categoría muy peligrosa es el sedimento suspendido, porque causa una disminución en la absorción de la luz por el agua y las partículas separan compuestos peligrosos tales como pesticidas a través del agua. Finalmente, los compuestos radiactivos solubles en el agua pueden causar cáncer, defectos de nacimiento y daño genético siendo por tanto agentes contaminantes muy peligrosos del agua.

La contaminación hídrica es aquella que sufre cambios en su composición hasta quedar inservible se da por la falta de respeto a los recursos naturales, falta de conocimiento, además se tiene pérdida de especies y fauna acuática.

7.4 Contaminación química del agua

Los contaminantes orgánicos también son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática (ambiental, 2017)

7.5. Bioindicadores (macroinvertebrados)

El uso de los macroinvertebrados acuáticos (muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo.

Los bioindicadores son organismos que contienen parte de la información ambiental que los rodea, y como mencionamos, puede tratarse de una especie animal o vegetal (o un grupo de especies) que refleja el estado abiótico o biótico del medio ambiente, representa el impacto de los cambios ambientales en un hábitat, comunidad o ecosistemas, o indica la diversidad de otras especies. (Carrera & Fierro, 2011)

Los macroinvertebrados son los organismos que han sido utilizados con mayor frecuencia en los estudios relacionados con la contaminación de los ríos.

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

Son razonablemente sedentarios, ya que, debido a su escasa capacidad de movimiento, están directamente afectados por las sustancias vertidas en las aguas. Tienen un ciclo de vida largo en comparación con otros organismos, lo que nos permite estudiar los cambios acontecidos durante largos periodos de tiempo, abarcan en su conjunto un amplio espectro ecológico y tienen un tamaño aceptable frente a otros microorganismos. (Freire, 2017)

Entre los existentes destacamos el IBGN, índice biológico general normalizado, y el BMWP, Biological Monitoring Working Party. El I.B.G.N (Índice biológico global normalizado) permite la evaluación de la calidad general de un curso de agua mediante el análisis de la macro fauna béntica, profunda, la cual está considerada como indicador de calidad de la misma. El B.M.W.P. permite estimar la calidad del agua para el estudio de la fauna béntica, en función de la tolerancia frente a la polución orgánica. Los individuos son identificados hasta el nivel de familia. (Freire, 2017)

Los macroinvertebrados son ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias (Fiero, 2018)

1. Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
2. Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
3. Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
4. En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
5. En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
6. Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
7. Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
8. La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
9. El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

Algunas de estas condiciones pueden ser relativas en algunos países de América del Sur, pero a pesar de ello los macroinvertebrados son preferidos en muchos países para ser utilizados como

bioindicadores de la calidad del agua. Por otra parte, se ha discutido mucho sobre el nivel taxonómico más adecuado para estudios de bioindicación (Prat, Ríos, Acosta, & Rieradevall, 2019).

Si bien es cierto que el nivel preferible sería el de especie, la taxonomía de ciertos grupos hace el trabajo prácticamente inviable en muchos países en gran parte por el coste económico que ello comporta (en forma de tiempo para el examen de las muestras). Especialmente en los dípteros (y muy particularmente los Quironómidos) el trabajo de preparación e identificación, incluso a nivel de género, comporta un tiempo que hace su estudio económicamente muy costoso (Carrasco, 2020). Por ello un buen equilibrio entre calidad de los resultados y tiempo requerido para obtenerlos se da utilizando como nivel taxonómico la familia.

A este nivel las ventajas de los macroinvertebrados enumeradas anteriormente se mantienen y por lo tanto su uso es muy recomendable en muchos de los protocolos de estudio de los países que los utilizan como indicadores de calidad biológica de forma reglamentada. En algunos casos se utilizan niveles taxonómicos, por ejemplo, género en Trichoptera, Plecóptero o Ephemeroptera. En las circunstancias actuales, el uso de familias parece que puede ofrecer más ventajas en América del Sur. Aunque es posible utilizar los macroinvertebrados como indicadores en todos los ecosistemas, en esta investigación nos enfocamos en el río Machángara.

7.6. Índices biológicos de calidad de agua

Los índices biológicos se han venido utilizando desde principios de siglo, con muy distintas finalidades. Puede decirse que el primer intento de su aplicación lo hicieron para determinar el daño ecológico realizados por los investigadores Kolkwitz y Marsson en 1902, 1908, 1909.

El monitoreo biológico se basa en el uso sistemático de respuestas biológicas de los organismos que habitan el agua para evaluar cambios a nivel ambiental y analizar la calidad del ecosistema. A estos organismos se los denomina indicadores biológicos o bioindicadores de calidad del agua. Los bioindicadores comúnmente utilizados en monitoreo de calidad de agua son: bacterio plancton, fitoplancton, perifiton, macrófitas, macroinvertebrados y peces. (Chamorro, 2018).

La mayoría de los índices biológicos, tienen mayor aceptación están basados en una ponderación de las especies según su tolerancia al grado de contaminación orgánica de

las aguas o, dicho de otra forma, según su necesidad de oxígeno disuelto en el medio acuático, resultando que las especies que viven en los tramos altos de los ríos están siempre más ponderadas que las que se sitúan en los tramos bajos, igual que sucede con las especies que viven en facies lótica, que puntúan más que las que se encuentran en la facies léntica de los ríos. Y esto hace que el valor del índice sea siempre más alto en los tramos.

7.7. Índices de calidad de agua mediante bioindicadores

Indices B.M.W.P (Biological Monitoring Working Party)

El índice Biological Monitoring Working Party abreviado en sus siglas BMWP es considerado como un método simple y rápido que permite evaluar la calidad de agua, por medio del uso de macro invertebrados como bioindicadores, el nivel de familia es analizado con datos cuantitativos de presencia y ausencia. El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, siendo 10 el más sensible y 1 el más tolerante. (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2018)

El índice BMWP/col es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad de agua se utiliza para valorar los hábitats acuáticos en la cual establece un rango desde muy crítica hasta muy buena, además se lo realiza después de la recolección, se efectúa la identificación de los macro invertebrados por su nivel taxonómico de familias.

El puntaje se asigna de acuerdo a la familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3

Puntaje asignado a cada familia de macro invertebrados acuáticos 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, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, 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, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Dugesidae.	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: El puntaje BMWP/col se da en una escala entre 1 y 10 de acuerdo a la tolerancia, las familias más sensibles tienen los valores cercanos a 10, mientras que a las familias con mayores niveles de tolerancia tienen valores bajos cercanos a 1, la suma total de los puntajes de las familias monitoreadas proporciona el valor de la calidad del agua. **Fuente:** (Carrera L. , 2016).

Tabla 4

Valores Designados por Medio del Método BMWP

CLASES DE CALIDAD DE AGUA VALORES BMWP Y COLORES PARA REPRESENTAR EL ÍNDICE				
Clase	Calidad	BMWP	Significado	Color
I	Buena	>150	Aguas muy limpias.	AZUL
		101 a 120	Aguas no contaminadas o poco contaminadas.	
II	Aceptable	61 a 100	Se evidencia efectos de la contaminación.	VERDE
III	Dudosa	36 a 60	Aguas moderadamente contaminadas.	AMARILLO
IV	Critica	15 a 35	Aguas muy contaminadas.	NARANJA
V	Muy Critica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas. Situación crítica.	ROJO

Nota. El índice biológico BMWP/col debido a su versatilidad es muy útil para la gestión de la calidad del agua; una vez sea adaptado y modificado para determinado cuerpo de agua lótico ya que permite una evaluación rápida y acertada, esto basado en ponderaciones de sensibilidad a los rangos de tolerancia ambiental de los macro invertebrados acuáticos. **Fuente:** (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2018).

7.8. El Índice Andean Biotic Index

El índice de ABI es uno de todos los indicadores con mayor fiabilidad al combinar la diversidad y abundancia de los valores de tolerancia e intolerancia de los macro invertebrados además expresa el efecto de la contaminación sobre un grupo biológica y está basado en la capacidad de los organismos de reflejar las características o condiciones ambientales del medio en el que se encuentran, también la presencia o ausencia de familias.

Los índices bióticos basados en puntuación son ampliamente utilizados para evaluar la calidad del agua de los arroyos y ríos. Varias áreas de los Andes están densamente

pobladas y hay necesidad de métodos para evaluar el impacto de la creciente presión humana sobre los ecosistemas acuáticos. Dadas las características ecológicas y geográficas únicas de los Andes, los índices de macro invertebrados utilizados en otras regiones deben adaptarse con cautela. (Acosta, 2017).

El índice de ABI es extremadamente útil para detectar el deterioro general de los ríos, pero que los límites entre las clases de calidad deben ser definidos independientemente para cada cuenca debido a que las condiciones de referencia pueden ser diferentes. El Índice ABI en español Índice Biótico Andino, es un índice biológico cuantitativo que se aplica específicamente para la evaluación del estado de salud de los ecosistemas de ríos altoandinos que se ubican entre los 2000 a 4000 msnm. (Haro & Abigail, 2017).

Tabla 5

Puntaje para Macroinvertebrados 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	Hyalellidae	6		Polycentropodidae	8
Ostracoda	-	3		Hydroptilidae	6
Hydracarina	-	4		Xiphocentronidae	8
Ephemeroptera	Baetidae	4		Hydrobiosidae	8
	Leptophlebiidae	10		Glossosomatidae	7
	Leptohyphidae	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: En la presente tabla se puede evidenciar los órdenes y familias de macro invertebrados su puntaje va de 1 a 10 según el grado de tolerancia a la contaminación, y finalmente se suman los puntajes de cada uno y se obtiene la calidad de agua en el índice de ABI. **Fuente:** (Carrera L. , 2016)

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: En la presente tabla los puntajes van desde mayor a 96 la calidad de agua es muy buena y de menos 14 la calidad de agua es pésima, estos valores se obtienen después de haber sumado todas las familias de macroinvertebrados según su puntuación. **Fuente:** (Carrera L. , 2016)

7.9. Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera

Este índice se lo construye mediante el uso de información obtenida sobre las abundancias de tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera), que son indicadores de buena calidad de agua, por ser sensibles a

contaminantes o trastornos ambientales del medio donde viven. Este índice trata de simplificar la identificación de los bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del agua con la sensibilidad y presencia o ausencia de estos grupos. (Rosas & Ávila, 2015).

El índice EPT (Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera) se usa para evidenciar la buena calidad del agua y se calcula dividiendo el número de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptera por el número total de individuos colectados y se multiplica por 100; como resultados, los valores más altos significan aguas más oxigenadas y limpias. (Mendoza, 2018).

El índice EPT explica el tipo de contaminación del agua ya sea de manera natural o debido a la acción del ser humano en la cual identifique el área donde posee baja riqueza de especies de estos grupos de insectos o en áreas donde exista interés en otros grupos tolerantes a la contaminación.

Tabla 7

Clasificación de Calidad de Agua Según el Índice EPT

Índice EPT	Calidad de Agua
75 – 100%	Muy buena
50 – 74%	Buena
25 – 49%	Regular
0 – 24%	Mala

Nota: Según el valor de porcentaje por la presencia del índice de EPT (Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera), el agua puede considerarse de muy buena calidad, para obtener los valores del índice se divide el total de E.P.T con la Abundancia y se multiplica por 100. **Fuente:** (Endara, 2012).

7.10. Índice de diversidad de Shannon – Weaver

Uno de los índices más utilizados para cuantificar la biodiversidad específica es el de Shannon, también conocido como Shannon-Weaver (Shannon y Weaver, 1949) derivado de la teoría de información como una medida de la entropía.

El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa. Conceptualmente es una medida del grado de incertidumbre asociada a la selección aleatoria de un individuo en la

comunidad. Esto es, si una comunidad de S especies es muy homogénea, por ejemplo, porque existe una especie claramente dominante y las restantes S-1 especies apenas presentes, el grado de incertidumbre será más bajo que si todas las S especies fueran igualmente abundantes. O sea, al tomar al azar un individuo, en el primer caso tendremos un grado de certeza mayor (menos incertidumbre, producto de una menor entropía) que en el segundo; porque mientras en el primer caso la probabilidad de que pertenezca a la especie dominante será cercana a 1, mayor que para cualquier otra especie, en el segundo la probabilidad será la misma para cualquier especie. (Plaza, 2016).

El índice de Shannon – Weaver se usa en ecología u otras ciencias similares para medir la biodiversidad específica.

Este índice se representa normalmente como H' y se expresa con un número positivo, que en la mayoría de los ecosistemas naturales varía entre 0,5 y 5. El valor normal se representa si este se encuentra entre 2 y 3, valores inferiores a 2 significa que la diversidad es baja y superiores a 3 la diversidad de especies es alta. Los ecosistemas con mayores valores son los bosques tropicales y arrecifes 15 de coral, y los menores las zonas desérticas. (Palacios, 2015).

No es necesario identificar las especies presentes; basta con poder distinguir unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y el recuento total.

Para estimar el índice de Shannon - Weaver se aplica la siguiente formula:

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

Donde:

S= número de especies (la riqueza de especies)

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

ni= número de individuos de la especie

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

Tabla 8

Evaluación de la Biodiversidad según Shannon-Weaver

ÍNDICE DE SHANNON	DIVERSIDAD
3,5 – 3	Alto
1,6 – 3	Medio
0 – 1,5	Poco

Nota: La presente tabla permite identificar con datos de 0 a 3 para medir o identifica la biodiversidad o la riqueza presente en la zona según la familia de macro invertebrados. **Fuente:** (García, Moreno, & Gutiérrez, 2017).

El índice de Shannon-Weaver permite identificar la biodiversidad o la riqueza por medio de una fórmula. Se describen los estimadores puntuales y por intervalos de la riqueza o abundancia se aplican a un ejemplo con datos de vegetación y se comparan los resultados obtenidos sobre la base originales y de consideraciones. Se ofrecen recomendaciones para la aplicación de la técnica de muestreo adecuada, con afectación en casos de muestras pequeñas o sin repeticiones que puede afectar a los resultados.

7.11. Índice de calidad de agua (ICA)

El índice de calidad de agua (ICA) es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado. En general, el ICA incorpora datos de múltiples parámetros físicos, químicos y biológicos, en una ecuación matemática, mediante la cual se evalúa el estado de un cuerpo de agua. (Plasencia, 2020).





Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos del mismo río, además, de compararlo con la calidad de agua de diferentes ríos alrededor del mundo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular de dicho río es o no saludable. (Vizcaino, 2021).

El ICA es un número entre 0 y 100 que señala el grado de calidad del recurso hídrico, en términos del bienestar humano independiente de su uso. Este número es una agregación de las condiciones físicas,

químicas y en algunos casos microbiológicas de agua, el cual da indicios de los problemas de contaminación.

Tabla 9

Clasificación del ICA

CALIDAD DE AGUA	COLOR	VALOR
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Nota: En la presente tabla se puede identificar con facilidad de colores el tipo de calidad de agua y los valores van 0 a 100 que puede ser de pésima a excelente. **Fuente:** (Vizcaino, 2021).

7.12. Propiedades e indicadores de la calidad del agua

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana.

Se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con los estándares de calidad del agua. De no existir la acción humana, la calidad del agua se debería a la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. (Pastuña & Ramírez, 2014).

La calidad del agua se mide de acuerdo con distintos parámetros mediante los cuales se cuantifica el grado de alteración de las cualidades naturales y se la clasifica para un uso determinado.

Según (Castro, Almeida, Ferrer, & Diaz, 2018), el Índice de Calidad del Agua indica el grado de contaminación del agua a la fecha del muestreo y está expresado como porcentaje del agua pura; así, agua altamente contaminada tendrá un cercano o igual a 0%, en tanto que el agua este en excelentes condiciones tendrá un valor de índice cercano al 100%. El ICA

se ha convertido en un instrumento fundamental para transmitir información sobre la calidad del recurso hídrico a las autoridades competentes y al público en general.

Actualmente se considera el agua como un recurso esencial que requiere la máxima atención por ser indispensable para la preservación de la vida y encontrarse expuesta al deterioro, en ocasiones irreversible, ocasionado por un uso irresponsable e intensivo del recurso.

7.13. Parámetros del índice de calidad de agua

7.13.1. Parámetros Físicos

7.13.1.1. Temperatura (° T)

La temperatura del agua tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos procesos que en ella se realizan, de forma que un aumento de la temperatura modifica la solubilidad de las sustancias de tal manera que existiría aumento de los sólidos disueltos y disminución de gases. (Moreno, 2016).

Un aumento anormal (por causas no climáticas) de la temperatura del agua, suele tener su origen en el vertido de aguas utilizadas en procesos industriales de intercambio de calor. La temperatura se determina mediante termometría realizada "in situ" (en el sitio). Las corrientes de aguas tropicales no deben superar los 35 ° C. (Gómez, 2017).

7.13.1.2. Turbidez

En cursos naturales, la turbidez en el agua evita la penetración de luz natural y por tanto modifica la flora y fauna subacuática.

Los procesos de fotosíntesis como respiración y reproducción se ven afectados por la limitación del paso de la luz solar a la vida acuática. Las partículas suspendidas absorben el calor de la luz solar, esto hace que las aguas turbias se vuelvan más calientes y la concentración de oxígeno en el agua se vea reducida (el oxígeno se disuelve mejor en el agua más fría). Uno de los impactos más importantes que produce la turbidez es la sedimentación que se forma por el asentamiento de partículas en el fondo de los cuerpos de agua y disminuye la capacidad de retención de agua de quebradas, ríos y lagos. (Tenelema , 2016).

Sánchez (2014), menciona que existen algunos parámetros los cuales influyen significativamente en la turbidez del agua entre las cuales tenemos:

- Descarga de efluentes.
- Crecimiento de las algas.
- Fitoplancton.
- Sedimentos procedentes de la erosión.
- Sedimentos suspendidos del fondo.
- Escorrentía urbana.

7.13.1.3. Medición de la turbidez

Según la OMS (Organización Mundial de la Salud) (2018), la turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU), el nefelómetro o turbidímetro mide la intensidad de la luz que se dispersa a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua. (OMS, 2018)

La medición de la turbidez puede ser usada para estimar la concentración de TSS (Sólidos Totales en Suspensión), el valor ideal de la turbidez para el agua de consumo humano no debe sobrepasar los 5 NTU, siendo 1 NTU el valor ideal. (Carpio, 2017)

7.14.1. Parámetros Químicos

7.14.1.1. Potencial de Hidrógeno (pH)

El pH es una medida de la actividad del ion hidrógeno que sirve para indicar la acidez o alcalinidad del agua.

El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-) presentando valores de entre 0 y 14. Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra presentando un pH de 7, si una sustancia presenta un pH mayor a 7, es una sustancia básica y si el pH se encuentra por debajo de 7, es una sustancia ácida. (Fuhrhop, Glaría, Orellana, & Saavedra, 2016)

Respecto a lo primero la secuencia de equilibrios de disolución de CO_2 en el agua, y la subsiguiente disolución de carbonatos e insolubilización de bicarbonatos, alteran drásticamente el pH de cualquier agua. Una variedad de detergentes para ropa contiene bicarbonato de sodio para eliminar los olores, manchas y dar brillo a los blancos. (Bussi, 2017)

Mantener un pH balanceado en el agua es crítico para la vida acuática debido a que los peces y otros organismos dependen de la alta calidad del agua con la cantidad justa de oxígeno disuelto y sus nutrientes. Si se presentan altos o bajos pH se puede presentar casos de rompimiento en el balance de los químicos del agua y movilizar a los contaminantes, causando condiciones tóxicas. (Romero, Alejandro, Ciudad, & Edil, 2016)

A su vez, estas bacterias consumen más oxígeno disuelto del agua, lo que con frecuencia genera problemas o mortandad en los peces y los macro invertebrados acuáticos. El agua con bajo nivel de pH puede también corroer las cañerías de los sistemas de distribución de agua potable y liberar plomo, cadmio, cobre, zinc y estaño hacia el agua potable. Las plantas de tratamiento del agua monitorean con atención el pH del agua. (Gómez & Jordano, 2015).

7.14.1.2. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto se determina en campo y se expresa en unidades de mg/L de oxígeno disuelto en la muestra de agua.

¿La concentración máxima de OD en un intervalo normal de 16 °C en la temperatura es de 9 mg/L, considerándose que cuando la concentración baja de 4 mg/L el agua no es apta para desarrollar vida en su seno. La diversidad de los organismos es mucho mayor a altas concentraciones de oxígeno disuelto. (Barba & Cortez , 2019)

Hay muchos factores que afectan la concentración del oxígeno disuelto en un ambiente acuático, entre los que se encuentran: temperatura, flujo de la corriente, presión del aire, plantas acuáticas, materia orgánica en descomposición y actividad humana. (Sanabria & Garay, 2019).

La actividad humana, como la remoción del follaje a lo largo de una corriente o la liberación del agua caliente empleada en procesos industriales causa el aumento de la temperatura del agua. (Leal, Motta, Marín, & Losada, 2019).

7.14.1.3. Demanda Bioquímica de Oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residual; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. (Lecca & Lizama, 2014).

Para el análisis de DBO se efectúa un procedimiento experimental, tipo bioensayo, esto facilita medir el oxígeno que requieren los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Los ensayos deben estar en condiciones estándar donde se incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días. (Ruiz & Raffo, 2016).

7.14.1.4. Nitratos

El nitrato es inodoro e incoloro, al ser un contaminante común que se encuentra en el agua puede provocar efectos nocivos si se consume en altos niveles.

Si existe bajas concentraciones de nitrato es normal, pero si se presentan altas cantidades pueden contaminar fuentes de agua potable. La presencia de nitrato es más común en fuentes de fertilizantes, estiércol, compost y pozos sépticos. El nitrato llega fácilmente a fuentes de agua por lixiviación. (Water & Boards, 2017).

7.14.1.5. Fosfatos

El ión fosfato suele operar como un nutriente del crecimiento de algas, esto quiere decir que al existir mayor concentración de fosfatos (PO_4^-), el crecimiento de las algas se da de manera desmedida, lo que a su vez afecta la cantidad de oxígeno presente en el agua y, por ende, el crecimiento descontrolado de materia orgánica viva, situación que conlleva a una mayor tasa de descomposición, que termina conduciendo hacia un proceso franco de eutrofización. (Bolaños, Cordero, & Segura, 2017).

7.14.1.6. Sólidos Totales Disueltos

El Total de Sólidos Disueltos (TDS) se obtiene de la suma de minerales, sales, metales, cationes o aniones que se encuentran disueltos en el agua, a esto se suma cualquier otro elemento presente que no sea una molécula de agua pura (H_2O) y sólidos en suspensión que no se disuelven ni se asientan en el agua, tales como la pulpa de madera. (Bauder & Singler, 2017).

Las fuentes primarias de TDS en aguas receptoras son la escorrentía agrícola y residencial, la lixiviación de la contaminación del suelo y fuente de punto de descarga como plantas de tratamiento industriales. El calcio, fosfatos, nitratos, sodio, potasio y cloruro son comunes en la escorrentía de aguas pluviales general y climas nevados donde se aplican sales de deshielo de carreteras. (Sigler, 2016).

7.15.1. Parámetros Microbiológicos

7.15.1.1. Coliformes Fecales

Los indicadores microbiológicos de contaminación del agua generalmente han sido bacterias de la flora saprófita intestinal, entre las que se encuentran las coliformes fecales (termo tolerantes), *Escherichia coli* y *estreptococos fecales*. Algunas de estas, de origen animal (generalmente de explotaciones pecuarias). (Ríos, Agudelo , & Guitérrez, 2017)

Los Coliformes fecales también denominados también coliformes termo resistentes, soportan temperaturas de hasta 45 °C, estos organismos integran el grupo de los coliformes totales, pero se diferencian en que son Indol positivo. Son mejores indicadores de higiene en alimentos y en aguas, la presencia de estos indica contaminación fecal de origen humano o animal, desechos en descomposición y aguas negras. De ellos la mayoría son *E. coli* y se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. (Moposita , 2015)

Existen cuatro géneros de indicadores de coliformes pertenecientes a la familia Enterobacteriaceae (Citrobacter, Enterobacter, Escherichia y Klebsiella).

Son un grupo de bacterias Gram negativas, aerobias y anaerobias facultativas no formadoras de esporas, pero fermentadoras de la lactosa a 37°C en un tiempo de 48 horas, poseen una enzima-galactosidasa, presenta una forma de bacilo corto. Se encuentran distribuidas en la naturaleza, encontrándolas en el agua, suelo y vegetales, forman parte de la flora intestinal de los seres vivos (animales y seres humanos) al ser organismos de sangre caliente y fría, llegan a multiplicarse a 44°C y fermentar la lactosa lo cual la diferencia del resto que son definidos como coliformes totales. (Vélez & Ortega , 2013)

7.16. Río Machángara

El río Machángara (término que significa “gran río o gran serpiente de río” según algunas lenguas nativas), nace en el cerro de Atacazo, suroccidente de la capital, paradójicamente sus aguas son cristalinas, pero a tan solo diez minutos de recorrido éstas se convierten en un líquido espeso y contaminado.

El río Machángara es considerado como la corriente principal de la hidrografía del municipio, recoge el drenaje originado por la ciudad, de las laderas del volcán y de todas las elevaciones que le rodean, atraviesa áreas pobladas, circunstancias que le convierte

en el mayor receptor de las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento (Ortega & Loján, 2016)

El río Machángara atraviesa la ciudad de Quito, y es originado por cuatro quebradas:

Río Grande, Ortega, Machángara y Shanshayacu, con un recorrido de 22 km, finalmente descarga en el sector de Nayón y en unión con el río San Pedro, conforma al río Guayllabamba, éste posteriormente desemboca en el río Esmeraldas que a su vez finaliza en el Océano Pacífico. La eliminación de desechos y de aguas servidas sin tratamiento previo debe suspenderse, implementando tecnología limpia, de igual manera concientizar a los moradores para que el río se conserve limpio, no puede continuar siendo un botadero de desperdicios de toda índole. (Pichincha, Red Hidrográfica, 2015)

La historia ambiental del río Machángara en la ciudad de Quito en el siglo XX, también es un desafío y un esfuerzo que se enmarca en una disciplina en formación, relativamente nueva, por cuya consolidación se han iniciado esfuerzos investigativos. Estas relaciones sociedad-naturaleza siempre han sido curiosidad para los estudios avanzados tanto en el campo de las ciencias humanas como de las ciencias puras. Intentar desarrollar un aporte al conocimiento de la historia ambiental del río Machángara a partir de la identificación de los problemas presentes en el mismo. (Otayan & Lasso, 2017).

El Machángara de Quito recibe el 75% de las aguas residuales de la ciudad, además de grandes cantidades de basura y escombros, que lo contaminan.

El plan general de limpieza y recuperación del río Machángara evitará el vertido de aguas residuales, mediante la construcción de interceptores de alcantarillado sanitario en ambos lados del río, que conducen a la planta de tratamiento y la descarga final al río Guayllabamba. (Carvajal, Renato, Carvajal, & Renato, 2016).

El río Machángara es uno de los ríos que atraviesa gran parte de la ciudad de Quito y por esa razón es uno de los más contaminados, recibe más de 50% de aguas residuales, debido a que los habitantes de las riberas del mismo tienen construidas las tuberías antitécnicas directamente al río, que sin previo tratamiento las aguas negras son arrojadas, una de la causa más significativa es que las personas que habitan en dichas zonas son de escasos recursos económicos, y desechan todo al río para ellos es más factible pero en realidad es falta de conocimiento por el impacto negativo generado al recurso hídrico.

8. MARCO LEGAL

8.1. Constitución de la República del Ecuador

La (CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA 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 REPUBLICA 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 REPUBLICA 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 REPUBLICA DEL ECUADOR, 2008).

8.2. 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)).

8.3. 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)).

8.4. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169:2013 CALIDAD DE AGUA.

1. Manejo y conservación
2. Preparación de recipientes
3. Llenado de recipientes
4. Refrigeración y congelación de muestras
5. Transporte de muestras
6. Rotulando
7. Recepción de muestras en el laboratorio

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

9.1. Preguntas Científicas

- ¿Existe relación entre la calidad de agua con la diversidad de macroinvertebrados encontrados?
- ¿Las actividades antrópicas que generan efluentes al río Machángara influyen en los órdenes y familias de macro invertebrados encontrados?

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología aplicada en la investigación para la determinación de calidad de agua del río Machángara de la ciudad de Quito, es llevado a cabo por el método de recolección e identificación de macroinvertebrados al igual que el análisis físico-químicos y microbiológico, para obtener los resultados de la calidad de agua. Se realizó el muestreo en tres lugares diferentes georreferenciados para el estudio, durante un tiempo determinado que son los meses abril, mayo y junio.

El área seleccionada de estudio requirió un diagnóstico actual, se realizó una visita in-situ para delimitar y georreferenciar los puntos de muestreo para el presente proyecto, para la georreferenciación se utilizó un GPS y el software ArcGIS para la elaboración del mapa de estudio.

Las muestras tomadas de los macro invertebrados tienen como finalidad la identificación y clasificados según su taxonomía (clase, orden y familia) en el laboratorio, así como también se registró el número de población para el cálculo de los índices BMWP/col, E.P.T, Shannon – Weaver y ABI.

Por otra parte, para el análisis físico –químico y microbiológico se recaudó muestras de aguas y fueron envidas al laboratorio para poder continuar con las observaciones e interpretación necesarias de datos basados en la tabla 3 del TULSMA sobre los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas al uso agrícola.

10.1.1. Método cualitativo

El método cualitativo representa un modo específico de análisis del mundo empírico, que busca la comprensión de los fenómenos sociales desde las experiencias y puntos de vista de los actores sociales, y el entendimiento de los significados que éstos asignan a sus acciones, creencias y valores describe los instrumentos de acopio de datos cualitativos, establece las diferencias entre diversas técnicas y procedimientos de recogida de información, y explica los aspectos teóricos y técnicos básicos para aplicar las dos técnicas más importantes de recogida de datos cualitativos.(Palacios & Pedro, 2014)

10.1.2. Método cuantitativo

Es aquella en la que se recogen y analizan datos cuantitativos sobre variables. La investigación cualitativa evita la cuantificación, hacen registros narrativos de los fenómenos que son estudiados mediante la observación. (Fernández, S & Pértegas, S., 2021)

Fase 1.- idea

Fase 2.- planteamiento del problema

Fase 3.- revisión de literatura y desarrollo del marco teórico

Fase 4.- visualización del alcance del estudio

Fase 5.- elaboración de hipótesis y definición de variables

Fase 6.- desarrollo del diseño de investigación

Fase 7.- definición y selección de la muestra

Fase 8.- recolección de los datos

Fase 9.- análisis de datos

Fase 10.- elaboración del reporte de resultados

Este método permitió obtener los datos para contabilizar el número total de familias encontradas en las zonas, se los identifica por el comportamiento, generados los datos se desarrolló los índices BMWP/col y ABI por medio de la puntuación asignada, para el proceso del Índice E.P.T. se utilizó el número de especies perteneciente únicamente al orden, para determinar la calidad de agua el Índice de Shannon – Weaver utiliza el número de familias encontradas para establecer la biodiversidad de especies.

10.1.3. Método Inductivo

El método inductivo es una estrategia de razonamiento que se basa en la inducción, para ello, procede a partir de premisas particulares para generar conclusiones generales. En este sentido, el método inductivo opera realizando generalizaciones amplias apoyándose en observaciones específicas. Esto es así porque en el razonamiento inductivo las premisas son las que proporcionan la evidencia que dota de veracidad una conclusión. (Andrade, Machado, & Zambrano, 2018)

El método inductivo, como tal, sigue una serie de pasos. Inicia por la observación de determinados hechos, los cuales registra, analiza y contrasta. A continuación, clasifica la información obtenida, establece patrones, hace generalizaciones, para inferir, de todo lo anterior, una explicación o teoría.

10.1.4. La investigación documental

Es aquella que se obtiene través de consultas, recopilación de información científica, de referencias bibliográficas, informes de investigación, informes técnicos, financieros, revistas científicas, tesis de grado, archivos de la municipalidad, etc.; que sustentan el análisis de cada uno de los componentes de la investigación. La cual será uno de las fuentes más utilizadas, se realiza investigaciones del proyecto, en el que permitió aproximar más a fondo el estado actual en el que está contaminado La Recoleta, El Rosario y El Guabo.

10.2. Técnicas

10.2.1. 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 los de muestreo (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.

10.2.3. 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.

10.3. Instrumentos

10.3.1. 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).

10.3.2. GPS

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

10.3.3. Microscopio

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

10.3.4. Guía Taxonómica

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

10.3.5. Ficha de registro

Se utilizó para insertar datos relevantes (coordenadas, hora, fecha y datos del investigador) que permitió identificar las muestras de agua recaudada en cada uno de los puntos de estudio, para su correspondiente análisis e identificación, evitando que exista confusión en los resultados.

10.3.6. Fotografías

Conforma parte de los anexos y exterioriza el trabajo de campo y laboratorio que se realizó a lo largo del desarrollo de proyecto de investigación.

10.3.7. Internet

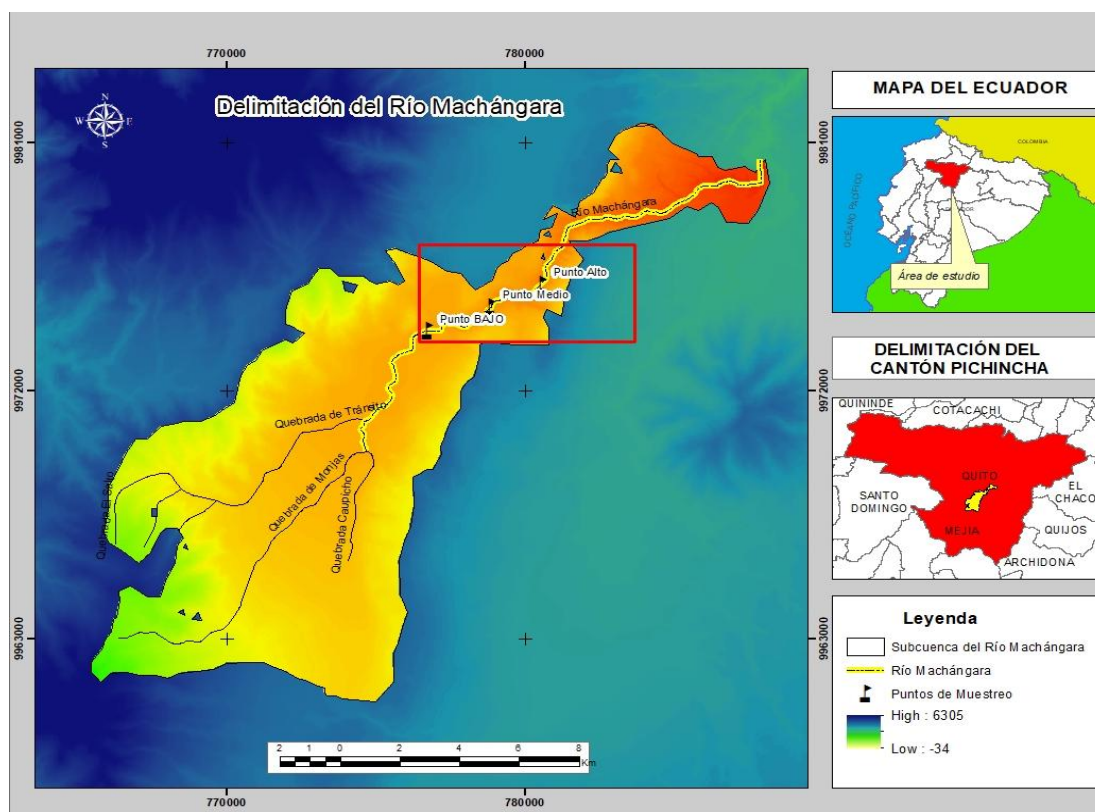
Se utilizó en toda la investigación para recopilación de información sobre cada uno de los temas que va en el marco referencial, además es una manera más rápida y fácil de acceder.

11. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

11.1. Descripción del área de estudio

A.-Delimitación de la zona de estudio

Figura 1. Mapa de ubicación



Elaborado por: Autores

Tabla 10*Coordenadas geográficas del río Machángara en UTM*

COORDENADAS				
Punto	X	Y	Altitud	Lugar
P1	780526,52	9975840,82	2884	La Recoleta
P2	778846,37	9975038,66	2800	El Rosario
P3	776743,42	9974160,62	2897	El Guabo

Elaborado por: Autores**11.2. Ubicación del estudio**

Mediante una visita in situ, permitió enfocar tres puntos de estudio de acuerdo a la percepción visual y los antecedentes de las actividades que se desarrollan en cada uno de los lugares y que se mencionan a continuación:

- El punto uno fue seleccionado en el sector La Recoleta, en las coordenadas X 780526,52 Y 9975840,82 se encuentra ubicado en el centro norte de la ciudad de Quito, en la avenida Maldonado, intersección con la calle de la Exposición, en la parroquia del Centro histórico. En el sector La Recoleta no cuenta con un sistema de alcantarillado sin previo tratamiento en la que se debe de suspenderse e implementar tecnologías limpias, de igual manera concientizar a los moradores para que el río se conserve limpio, se identifica hospitales, parqueaderos, parques, centros educativos, coliseo, piscinas y casas la cual expulsan directamente agua residual, residuos y se observa animales rastreos causando malos olores para las personas cercanas al río.
- El punto dos se encuentra en el tramo de El Rosario en las coordenadas X 778846,37 Y 9975038,66 está ubicado al centro norte de Quito en la avenida Matilde Delgado pertenece a la parroquia Itchimbia. El Rosario es un sector vulnerable que no cuenta con un alcantarillado, además tienen criaderos de animales de ganadería (vacas, cerdos), existe una distribuidora de mariscos, centro infantil y casas aledañas que generan residuos como excrementos de animales, desperdicios de alimentos, aguas servidas, fundas plásticas y palos que desfogon al río sin previo tratamiento en sus riberas hay matorrales, piedras gigantes y escombros de construcciones (barrilas, maderas, tubos, etc.).

- El punto tres se encuentra en el sector El Guabo en las coordenadas X 776743,42 Y 9974160,62 está ubicado en la parroquia urbana de Puengasí, dentro del cantón Quito, provincia de Pichincha. El barrio el Guabo es uno de los barrios legalizados de la parroquia, en el sector a las orillas del río hay un botadero de desechos de construcción, basuras y además no cuentan con un alcantarillado ya que ellos tienen una lavandería pública todo eso es expulsado al río sin tratamiento, también se observó que habitan animales (vacas, cerdos, perros) cerca al río todos los excrementos son asechados al mismo.

11.3. Descripción del sitio de estudio

11.3.1. Sector La Recoleta

Está ubicado al centro norte de la ciudad de Quito, está en la avenida Maldonado, intersección con la calle de la Exposición, en la parroquia del Centro histórico.

La contaminación del río es incuestionable a lo largo de todo el recorrido de su caudal, desde su nacimiento. En La Recoleta se observan que no cuenta con un sistema de alcantarillado sin previo tratamiento en la que se debe suspender e implementar tecnologías limpias, de igual manera concientizar a los moradores para que el río se conserve limpio, se identifica hospitales, parqueaderos, parques, centros educativos, coliseo, piscinas y casas la cual expulsan agua residual, residuos y por ende terminan en el río, entre fundas plásticas, botellas, detergentes, residuos de alimentos y palos todos estos elementos son contaminantes y no son degradables a corto plazo, a simple vista se observan amínales rastreos causando malos olores e inestabilidad a las personas cercanas al río.

11.3.2. Sector El Rosario

Está ubicada al centro norte de Quito en la avenida Matilde Delgado pertenece a la parroquia Itchimbia. El Rosario es un sector vulnerable que, no cuenta con un alcantarillado, además cuentan con criaderos animales de ganadería (vacas, cerdos), existe una distribuidora de mariscos, centro infantil y casas aledañas que generan residuos como excrementos de animales, desperdicios de alimentos, aguas servidas, fundas plásticas y palos que desfogan al río sin previo tratamiento en sus riberas hay matorrales, piedras gigantes y escombros de construcciones (barrilas, maderas, tubos, etc.).

11.3.3. Sector El Guabo

Está ubicado en la parroquia urbana de Puengasí, dentro del cantón Quito, provincia de Pichincha. El barrio El Guabo es uno de los barrios legalizados de la parroquia, en el sector a las orillas del río hay un botadero de desechos de construcción, basuras y además no cuentan con un alcantarillado ya que ellos

tienen una lavandería pública todos esos químicos de detergentes son expulsados al río sin tratamiento, también se observó que habitan animales (vacas, cerdos, perros) cerca al río todos los excrementos son desechados al mismo. “Sin embargo, de estas en 49 viviendas, la evacuación de las aguas servidas, las realizan a través de tuberías construidas en forma individual y anti técnica que desembocan directamente en el río Machángara”. (Quinga,E & Ullauri,C, s.f., pág. 90).

11.3.4. 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. (Reinoso, 2018).

Hidrología. El río Machángara es la corriente principal de su hidrografía y recoge el drenaje proveniente de la ciudad, de las laderas del volcán y de las elevaciones que lo rodean. Está formado por cuatro ramales principales: Ortega, Shanshayacu, Río Grande y Caupicho o Machángara, del que toma el nombre al unirse los cuatro ramales, para atravesar áreas densamente pobladas y populares. (Aguilar, 2017).

Clima de la zona. Muy cerca de su nacimiento, en la parte más dentro del páramo, dónde está totalmente repleta de vegetación y el agua en este lugar son sumamente limpias, de hecho, son totalmente cristalinas, son un clima bastante frío donde soplan fuertes vientos por lo que estas aguas son bastante frías. Este lugar se encuentra en una zona bastante alta, a la que generalmente no acceden muchas personas. (Reinoso, 2018).

Uso de suelo. Los riesgos de deslaves, a causa de la inestabilidad del suelo y las crecidas de los ríos en épocas de lluvia, las descargas de aguas residuales, la generación espontánea de basureros y escombreras ilegales –(convertidas en peligrosos rellenos anti técnicos en sus riberas), la degradación del entorno urbano; así como el riesgo de generación de epidemias –(pues los ríos se habían convertido en focos infecciosos por la contaminación domiciliar e industrial), la proliferación de roedores y moscas, y los problemas de inseguridad convirtieron a los ríos en vecinos peligrosos e indeseables y en una barrera para el desarrollo estructural y económico de los barrios adyacentes. Ello

generó problemas ambientales, de salubridad, de infraestructura vial y otros que han deteriorado su forma de vida. (Ochoa, 2019).

11.3.5. Aspectos bióticos

Flora. Según (Fao, 2021) actualmente existe en Quito una gran variedad de tipos de vegetación, diferenciados de acuerdo al tipo y la localización de los espacios urbanos, así como por los objetivos asignados a la cubierta vegetal por parte de los habitantes. Cada área posee también un potencial específico para sembrar y mantener vegetación en el futuro se enlista la flora existente en el área de estudio:

Tabla 11

Flora de los Lugares de Estudio

VEGETACIÓN ENDÉMICA		ESPECIES INTRODUCIDAS	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Ashpa chocho	<i>Lupinus pubescens</i>	Cedrillo	<i>Phyllanthus salviifolius</i>
Chilca	<i>Baccharis polyantha</i>	Cebadilla	<i>Bromus catharticus</i>
Saúco	<i>Cestrum quitense</i>	Tomatillo	<i>Capsicum rhomboideum</i>
Garcita, Taima.	<i>Cleome anómala</i>		
Sauco Blanco.	<i>Solanum barbulatum</i>		
Sigse	<i>Cortadeira nítida</i>		
Alcance Morado	<i>Alternanthera porrigens</i>		
Salvia de Quito	<i>Salvia quitensis Benth</i>		
Kikuyo	<i>Pennisetum clandestinum</i>		
Pequeña flor	<i>Viguiera quitensis</i>		

Nota. En la presente tabla se encuentra la flora de los puntos de estudio como la vegetación endémica y especies introducidas. (Peña & Bustamante).

Fauna. En Quito encontrarás aves de todos los colores. La magia de aquello es que las aves son diferentes dependiendo a donde vayas. Hay hábitats de alta montaña, bosques secos andinos, bosques húmedos, páramo, ríos, barrancos, praderas. Una de las especies únicas es el Gallo de la Peña andino (*Rupicola peruvianus*). (Quito, 2021)

Tabla 12*Fauna los lugares de estudio*

ESPECIES		ESPECIES DOMÉSTICAS	
Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Mamíferos			
Raposa	<i>Didelphis marsupialis</i>	Ganado vacuno	<i>Bos Taurus</i>
Ratón de Campo	<i>Akodon mollis</i>	Ganado porcino	<i>Sus scrofa domesticus</i>
		Gallinas	<i>Gallus domesticus</i>
Aves			
Torcaza	<i>Columba fasciata</i>		
Buitre	<i>Coragyps atratus</i>		
Anfibios y Reptiles			
Sapo común	<i>Eleutherodactylus unitrigatus</i>		

Nota. En la siguiente tabla se evidencia la fauna de los lugares de estudio está clasificado por su nombre común y científico. **Fuente:** (Ministerio del Ambiente, 2017).

11.4. Fase de Campo

11.4.1. Muestras de los Macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados se realizó mediante el método empleado en aguas lóxicas (ríos, manantiales, riachuelos, arroyos) y fue desarrollado en los meses de abril, mayo y junio en los puntos georreferenciados que se muestran en la tabla 9.

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

Materiales

- Botas y guantes
- Cernidores
- 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.

11.4.3. 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 llenada con el agua del río e inmediatamente tapada
- 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.

12. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En la presente investigación se determinan los resultados en base a los muestreos de agua y de macroinvertebrados realizados en los tres diferentes puntos de muestreo del río Machángara en los meses de abril, mayo y junio, tomado en cuenta la población que habita en las riberas del río. Un factor fundamental fue la delimitación de las zonas de muestreos lo cual facilitaron el estudio.

B.- Calidad de agua del río Machángara por medio bioindicadores (macro invertebrados).

Tabla 13

Resultados de la Calidad de Agua de la Microcuenca del río Machángara Correspondiente al mes de abril

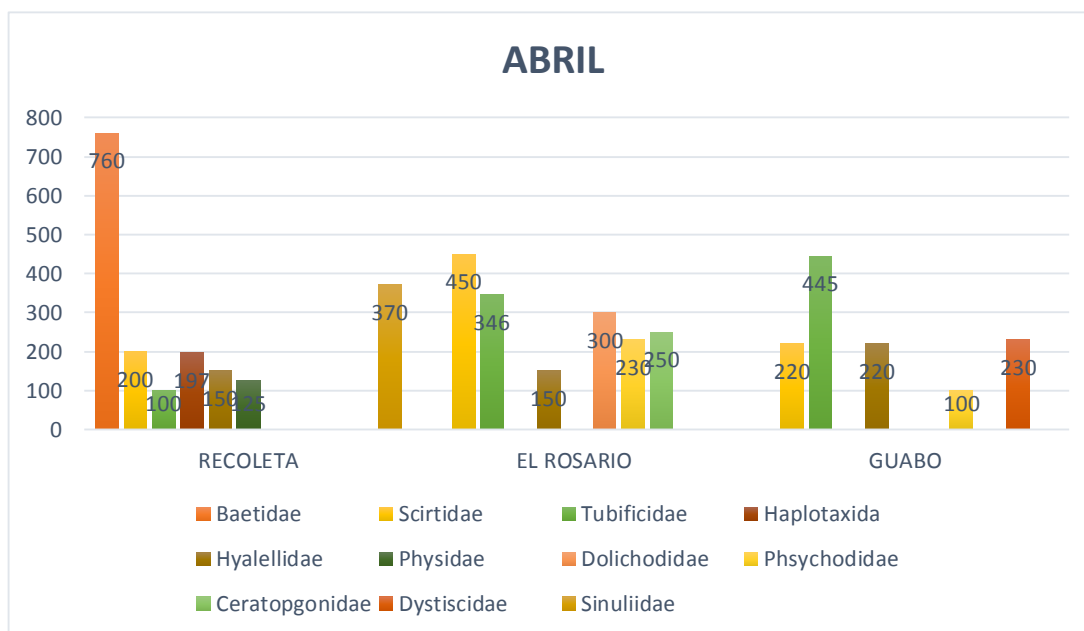
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE Shannon-Weaver	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Recoleta	19	Crítica	16	Mala	0%	Mala	2.27	Biodiversidad medio
El Rosario	29	Crítica	23	Mala	0%	Mala	2.12	Biodiversidad medio

El Guabo	45	Dudosa	26	Mala	0%	Mala	1.64	Biodiversidad medio
----------	----	--------	----	------	----	------	------	---------------------

Elaborado por: Autores

Figura 2

Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de abril



Elaborado por: Autores.

12.1. Interpretación de resultados del mes de abril

En el mes de abril arroja como resultados los siguientes datos: en el P1 correspondiente al sector La Recoleta en el índice BMWP/col esta con un puntaje de 19, en el P2 del sector El Rosario da un valor estimado de 29 lo que demuestra que ambos puntos presentan una calidad de agua crítica significando así aguas muy contaminadas, representado de color naranja de acuerdo a la escala de valores, mientras que en el P3 se obtuvo un valor de 45 lo cual indica una calidad de agua dudosa significando aguas moderadamente contaminadas representada con el color amarillo en la tabla 13.

El índice ABI en el P1 se obtuvo un valor de 16, en el P2 un valor de 23 y en el P3 un valor de 26, llegando a la conclusión según los resultados que la calidad de agua es mala. Finalmente se tiene con un porcentaje del índice EPT de 0%, generando una calidad de agua mala.

En los tres puntos muestreados para el mes de abril se encontraron 11 familias de macro invertebrados los cuales son: Scirtidae, Tubificidae, Haplotaxida, Hyalellidae, Physidae, Dolichopodidae, Psychodidae, Ceratopgonidae, Dystiscidae, Simuliidae y Baetidae en su mayoría pertenecen a la clase Insecta, lo cual conlleva a una biodiversidad media según el Índice de Shannon–Weaver. En el P1 y P2 se evidenció con mayor abundancia a la familia Scirtidae, teniendo una clasificación de 7, y finalmente en P3 se encontró con mayor abundancia de Simuliidae, con una clasificación de 8, los cuales son muy significativos para la valoración de resultados en la tolerancia a la contaminación, siendo así los macro invertebrados más encontrados en los tres puntos del mes de abril.

Tabla 14

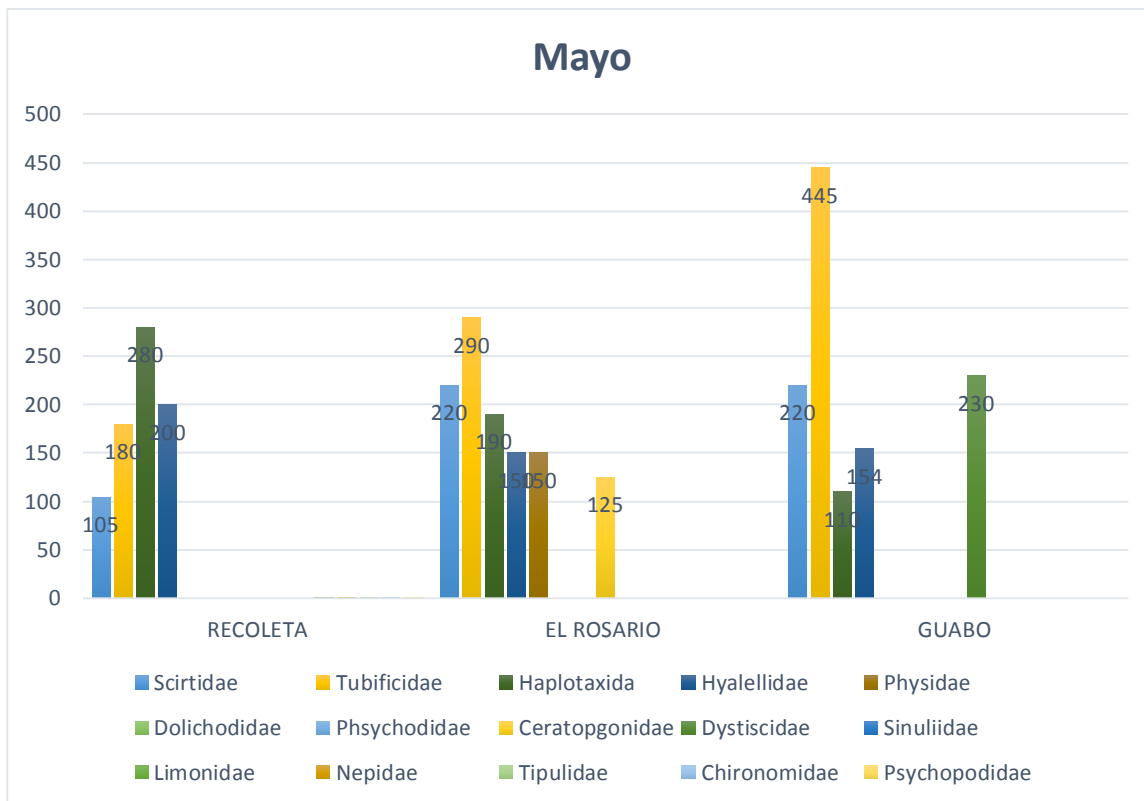
Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Machángara correspondiente al mes de mayo

Microcuenca del río Machángara								
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Recoleta	26	Crítica	25	Mala	0%	Mala	2.69	Biodiversidad medio
El Rosario	44	Dudosa	39	Regular	0%	Malo	3.22	Biodiversidad alto
El Guabo	32	Crítica	19	Mala	0%	Mala	1.99	Biodiversidad Medio

Elaborado por: Autores

Figura 3

Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de mayo



Elaborado por: Autores

13.2. Interpretación de resultados del mes de mayo

En el mes de mayo arroja como resultados los siguientes datos: en el P1 correspondiente al sector La Recoleta en el índice BMWP/col esta con un valor de 26 y en el P3 del sector El Guabo da un valor de 32 lo que demuestra que ambos puntos presentan una calidad de agua Crítica significando aguas muy contaminadas, representado de color naranja de acuerdo a la escala de valores, mientras que en el P2 se obtuvo un valor de 44 lo cual indica una calidad de agua Dudosa significando aguas moderadamente contaminadas representada con el color amarillo en la tabla 14.

El índice ABI en el P1 se obtuvo un valor de 25, en el P2 un valor de 39 y en el P3 un valor de 19, llegando a la conclusión según los resultados que la calidad de agua es mala en el P1 y P3 mientras que en

el P2 es regular. Finalmente se tiene con un porcentaje del índice EPT de 0%, generando una calidad de agua mala.

En los tres puntos muestreados para el mes de mayo se encontraron 15 familias de macro invertebrados los cuales son: Scirtidae, Tubificidae, Haplotaxida, Hyalellidae, Tipulidae, Nepidae, Chironomidae, Physidae, Simuliidae, Limoniidae, Psychodidae, Ceratoponidae, Dystiscidae, Psychopodidae y Dolichodidae, en su mayoría pertenecen a la clase Insecta, lo cual conlleva a una biodiversidad media en el P1, P3 y alta en el P2 según el Índice de Shannon–Weaver. En el P1 y P2 se evidenció con mayor abundancia a la familia Tipulidae con su clasificación de 3, y en el P3 con mayor abundancia a la familia de Psychopodidae con la clasificación de 7 los cuales son muy significativos para la valoración de resultados en la tolerancia a la contaminación, siendo así los macro invertebrados más encontrados en los tres puntos del mes de mayo.

Tabla 15

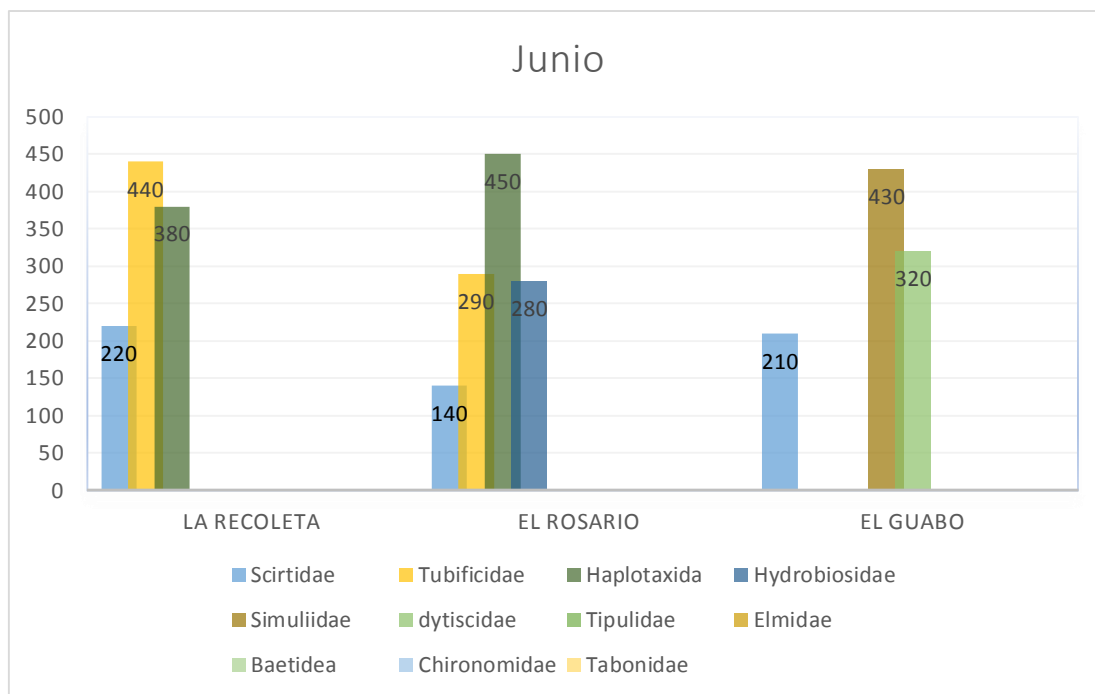
Resultados de la calidad de agua de la microcuenca del río Machángara correspondiente al mes de junio

Microcuenca del río Machángara								
Punto de muestreo	Calidad del Agua						ÍNDICE SHANNON-WEAVER	Biodiversidad
	BMWP /col	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad		
Recoleta	25	Crítica	18	Mala	0%	Mala	2.50	Biodiversidad medio
El Rosario	25	Crítica	21	Mala	15,9 1%	Mala	2.51	Biodiversidad medio
El Guabo	27	Crítica	18	Mala	0%	Mala	1.54	Biodiversidad Poca

Elaborado por: Autores

Figura 4

Familias de macro invertebrados muestreados en el mes de junio



Elaborado por: Autores

13.3. Interpretación de resultados del mes de junio

En el mes de junio arroja como resultados los siguientes datos: en el P1 y P2 correspondiente al sector La Recoleta y El Rosario en el índice BMWP/col se obtuvo un valor de 25 y en el P3 del sector El Guabo da un valor de 12, lo que demuestra que los dos primeros puntos presentan una calidad de agua Crítica, representado de color naranja significando aguas muy contaminadas de acuerdo a la escala de valores, mientras que en el P3 indica una calidad de agua muy Crítica significando aguas fuertemente contaminadas representado con el color rojo en la tabla 15.

El índice ABI en el P1 se obtuvo un valor de 18, en el P2 un valor de 21 y en el P3 un valor de 12, llegando a la conclusión según los resultados que la calidad de agua es mala en el P1 y P2 mientras que en el P3 es pésimo. Finalmente, se tiene con un porcentaje del índice de EPT de 15,91%, generando una calidad de agua mala.

En los tres puntos muestreados para el mes de junio se encontraron 11 familias de macro invertebrados los cuales son: Elmidae, Scirtidae, Chironomidae, Baetidae, Haplotaxida, Tubificidae,

Hydrobiosidae, Tabonidae, Tipulidae, Simuliidae y Psychodidae, lo cual conlleva a una biodiversidad media en el P1 y P2, en el P3 tiene una biodiversidad poca según el Índice de Shannon-Weaver. En el P1 se evidenció con mayor abundancia a la familia Tubificidae, en el P2 a la familia Haplotaxida ambas con la clasificación de 1 y finalmente, en el P3 a la familia Simuliidae con la clasificación de 8, los cuales son muy significativos para la valoración de resultados en la tolerancia a la contaminación, siendo así los macro invertebrados más encontrados en los tres puntos del mes de junio.

C.- Calidad de agua del río Machángara por los índices de calidad e índices biológicos.

Tabla 16

Comparación de los Resultados Físicos-Químicos y Microbiológicos

PARÁMETROS	UNIDAD	RESULTADO DE ANÁLISIS RÍO MACHÁNGARA									Límite Máximo Permisible para uso agrícola o de riego (A M 097 A)	RESULTADO DE LA COMPARACIÓN CON LOS CRITERIOS DE CALIDAD								
		P1- LA RECOLETA			P2- EL ROSARIO			P3- EL GUABO				P1- LA RECOLETA			P2- EL ROSARIO			P3- EL GUABO		
		Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio		Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio	Abril	Mayo	Junio
Nitratos	Mg/l	3.32	4.67	<1	3.91	6.34	1.20	3.20	2.83	1.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	Mg/l	106.2	61.11	24.69	197.30	109.86	69.65	152.24	89.36	70.06	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Fosfatos	Mg/l	2.85	2.75	4.34	3.13	4.21	6.84	3.53	4.47	7.24	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Oxígeno disuelto	Mg/l	5.63	2.65	<2	3,16	<2	<2	3,33	<2	<2	3	C	NC	NC	C	NC	NC	C	NC	NC
Sólidos totales	Mg/l	330	248	316	352	284	348	342	304	336	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
pH	pH	7.62	7.26	7.53	7.65	7.12	7.55	7.51	7.25	7.52	6-9	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Temperatura	°C	12.5	19.6	17	12.1	19.2	17.3	12.2	19.1	17.1	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Turbidez	NTU	58.9	69.7	38.5	98.7	84.6	36.7	100.4	105.6	70.5	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	9200	790	280	92.00	16000	350	1100	>16000	470	1000	NC	C	C	NC	NC	C	NC	NC	C
ICA- NSF		26.67	25.46	28.28	21.29	17.19	24.0	20.12	15.98	22.97	22,44 CALIDAD DE AGUA PÉSIMA									
		MALA	PESI MA	MAL A	PESI MA	PESI MA	PESI MA	PESI MA	PESI MA	PE S										

Elaborado por: Equipo de investigación

El índice de calidad de agua (ICA) permitió determinar la calidad de agua del río Machángara, en el presente proyecto de investigación se aplicó el modelo de la Fundación Nacional de Saneamiento de los Estados Unidos (ICA –NSF) y mediante el software IQA Data, se evaluaron 9 parámetros los cuales son Temperatura, pH, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Nitratos, Fosfatos, Solidos Disueltos Totales y Coliformes Fecales, se determinaron en los muestreos realizados en los 3 puntos de estudio en, en los meses determinados.

Los resultados correspondientes al análisis Físico-Químico y Microbiológico ICA-NSF demostró, que en los tres puntos muestreados en los meses de estudio se encuentran en un rango de calidad de agua pésima, ubicadas en la escala de 0-25 correspondiente al color negro debido a la interacción humana que existe en la zona, siendo esto un reflejo de las constantes descargas de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento, utilizado también como botadero de basura generados por parte del sector ganaderos que es depositado directamente al río, provocando grande impactos ambientales negativos, una de estas vienen a ser la reducción del hábitat acuático.

La comparación de los resultados de los análisis Físico-Químico y Microbiológico con respecto al TUSLMA, Tabla 3 de Criterios de Calidad Admisibles para Aguas destinadas a uso agrícola, exceden los límites máximos permisibles en cuanto a los parámetros Oxígeno Disuelto el límite máximo permisibles es de 3 mg/l y Coliformes fecales en límite máximo permisible es de 1000 NMP/100ml en los tres puntos muestreados.

Los valores de coliformes fecales en el agua del río Machángara sobrepasan los límites máximos permisibles, debido a la contaminación de descarga indiscriminada y de tuberías construidas de forma individual antitécnicas que desembocan directamente hacia el río, de agua residual domésticas que no tienen ningún tipo de tratamiento previo. Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. (Ramos, 2018).

Debido a los vertidos de aguas negras y basura que recibe el recurso hídrico a lo largo de su recorrido muestra una contaminación visible a simple vista, y comprobados con los resultados de macro invertebrados y los análisis de laboratorio, dando como resultado que en los tres puntos muestreados presenta altos niveles de contaminación y por lo tanto no está apta para uso agrícola, mientras que los otros parámetros restantes se mantienen dentro de los límites máximos permisibles establecidos en el TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola, ya mencionada en la tabla anterior.

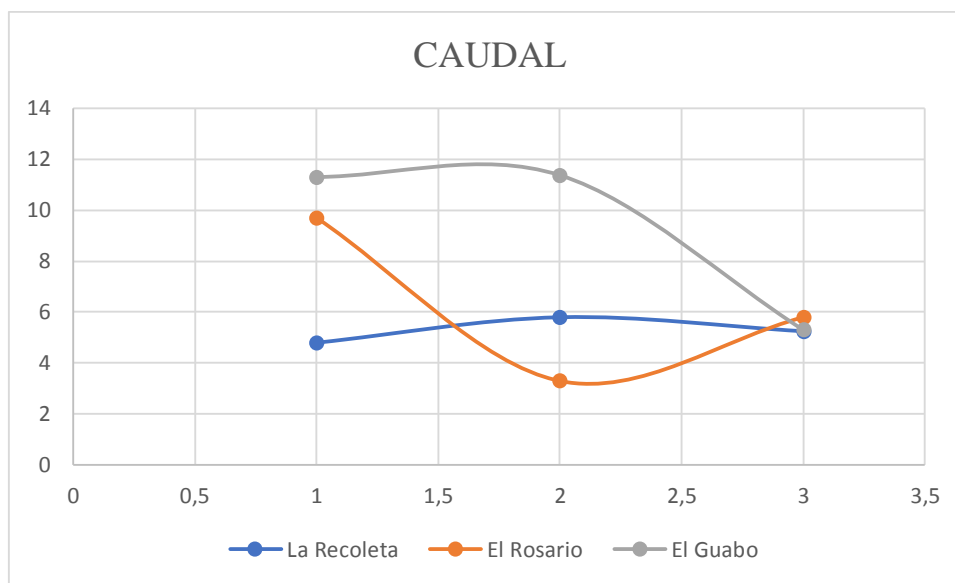
Tabla 17*Cuadro Comparativo de los Muestreos Realizados en los meses de abril, mayo y junio*

Punto de muestreo	MES	Calidad del Agua						Biodiversidad SHANNON - WEAVER	CAUDAL	ABUNDANCIA	
		BMWP/co I	Calidad	ABI	Calidad	% EPT	Calidad				
P1- LA RECOLETA	ABR	19	Crítica	16	Malo	0 %	Malo	Biodiversidad media	2.20	4.8	772
	MAY	26	Crítica	25	Malo	0 %	Malo	Biodiversidad media	2.69	5.8	1515
	JUN	25	Crítica	18	Malo	0 %	Malo	Biodiversidad media	2.50	5.25	1744
P2- EL ROSARIO	ABR	29	Crítica	23	Malo	0%	Malo	Biodiversidad media	2.5	9.27	1726
	MAY	44	Dudosa	39	Regular	0%	Malo	Biodiversidad alto	3.22	3.3	1981
	JUN	25	Crítica	21	Malo	15.91%	Malo	Biodiversidad media	2.51	5.80	1759
P3- EL GUABO	ABR	45	Dudosa	26	Malo	0%	Malo	Biodiversidad media	1.64	11.3	1274
	MAY	32	Crítica	19	Malo	0%	Malo	Biodiversidad media	2.11	11.3	1274
	JUN	27	Crítica	18	Malo	0%	Malo	Biodiversidad poca	1.54	5.30	1360

Elaborado por: Equipo de investigación

Figura 5

Caudal correspondiente a los meses de abril, mayo y junio



Elaborado por: Equipo de investigación

En el mes de abril se presentó un caudal alto, este aumento de caudal se debe a que hubo una precipitación considerable, por lo tanto, su caudal tendió a aumentar, mientras que en los meses de mayo y junio existió un caudal medio debido a que solo presentó chubascos, pese que los 3 meses son de época seca, pero con la variación climática existente actualmente se presentaron lluvias fuera de su estación según el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

La calidad de agua de acuerdo con los resultados obtenidos de los muestreos realizados en los 3 meses ya mencionados, en el cual la recolección, identificación y clasificación de los macro invertebrados acuáticos de acuerdo a su taxonomía y puntuación según las tablas correspondientes dan a conocer qué; el índice de BMWP/col indica que el efluente del río Machángara en el P1- La Recoleta se encuentra una calidad de agua Crítica en los tres meses, ya que se encontraron familias que presentan una puntuación de tolerancia alta a la contaminación, teniendo en cuenta que el caudal del río fue de $4.8\text{m}^3/\text{s}$ obteniendo así una cantidad considerable de macro invertebrados, en lo que concierne en el índice de Shannon-

Weaver se presenta una biodiversidad media en los 3 meses según tabla de evaluación de la biodiversidad en el intervalo de 1.6 a 3.

Con respecto al P2- El Rosario de acuerdo al índice BMWP/col presenta una calidad de agua Crítica en los meses de abril y junio debido a que se hallaron familias con un puntaje alto de tolerancia a la contaminación, mientras que en el mes de mayo se presentó una calidad de agua Dudosa; con respecto al índice ABI, y EPT existe una calidad de agua mala con un porcentaje de 15.91% evidenciando a una familia de Trichoptera. El índice de Shannon-Weaver tuvo una biodiversidad media en los meses de abril y junio con los valores de 2.5 y 2.51 y en el mes de mayo presentó una biodiversidad alta con un valor de 3.22.

Finalmente, en el P3-El Guabo, con respecto al índice BMWP/col se obtuvo una variación en los tres meses ya que en el mes de abril se obtuvo una calidad de agua Dudosa, y en los meses de mayo y junio se obtuvo una calidad de agua Crítica, esto se debe a las familias de macro invertebrados encontrados en los tres puntos de muestreo y la tolerancia a la contaminación; en lo que respecta al índice de ABI y EPT en los meses de abril, mayo y junio presentan una calidad de agua mala, en el P3 existe una biodiversidad media en los meses de abril y mayo con valores de un 1.64 y 2.11, en el mes de junio presentó una biodiversidad poca con un valor de 1.54, tomado en cuenta que las condiciones del medio y su variación temporal influyen al aumento o disminución de individuos, la baja diversidad de macro invertebrados acuáticos encontrados se deben principalmente que no existe un hábitat apropiado para su desarrollo, ya que en los parámetros físicos- químicos y microbiológicos se encuentra específicamente el Oxígeno Disuelto y coliformes fecales en altas concentraciones, los parámetros calculados son relevantes a la calidad de agua siendo su presencia y concentración esencial para sustentar las diferentes formas de vida para estos organismos.

13. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

13.1. Parámetros Físico – Químicos y Microbiológicos

En los tres puntos muestreados del río Machángara los valores del Oxígeno Disuelto y coliformes fecales sobrepasan los límites máximos permisibles que establece la normativa ambiental vigente. Esto se da debido al aumento de la población, la presencia de actividad ganaderas y humanas en el área de

estudio, al no tener ningún tipo de tratamiento de las aguas residuales de uso doméstico las cuales son vertidas al cauce del río Machángara casi en su totalidad teniendo un porcentaje de 75%. La determinación de la concentración de Coliformes fecales es utilizada como indicador de la presencia de desechos de alcantarillas como potencial fuente de contaminación por microorganismos patógenos entéricos en el agua.

La ausencia del Oxígeno disuelto en los tres puntos muestreados es perjudicial para el ecosistema y la especie que se desarrolla en el mismo, esto se debe a la gran concentración de contaminación que presenta el río Machángara, presenta valores < 2 siendo que el límite máximo permisible es de 3 por ello se da la pérdida de especies y del hábitat. Según (Campaña & Gualoto, 2016), en el río Machángara, el contenido de Oxígeno disuelto es menor debido a que su temperatura es más elevada y presenta una mayor concentración de microorganismos anaerobios facultativos (coliformes) y funciona como sistema aerobio. Las condiciones anaeróbicas formadas se evidencian por la presencia de malos olores generados por degradación anaeróbica (CH_4 , H_2S , NH_3 , COVs).

En los tres puntos de estudio presentan una alta concentración de coliformes fecales de 9200 excediendo los máximos límites permisibles el cual es de 1000 NMP/100ml. Según (Martínez, 2017), en el río Machángara el valor de coliformes fecales es de 24000 NMP/ 100ml es un alto nivel limitando sus posibles usos, según los valores obtenidos de coliformes con los límites máximos permisibles del TULSMA, el agua del río no se le puede dar uso agrícola ni pecuario.

13.2 Índice ICA-NSF

El índice de ICA – NSF en los diferentes sitios de muestreo reflejo en cuanto a las variables Físico-Químico y Microbiológico una calidad de agua pésima representado con el color negro según los valores establecidos, ya que se obtuvo un valor de 22.44 que está en un intervalo de 0 a 25 según la tabla 9 de clasificación de ICA. Según la comparación realizada con la tabla 3 del TULSMA el agua el río Machángara no es apta para el uso agrícola.

El incremento de la población junto con sus actividades influye en la contaminación del recurso hídrico, debido a que lo largo del río las aguas servidas domiciliarias provenientes de las personas que viven a las riberas del río Machángara son descargadas sin ningún previo tratamiento que pueda

contrarrestar de alguna manera la contaminación ambiental. Según (Gutiérrez, 2019), El índice de calidad del agua del río Machángara dio como resultado 40.78 indica que se encuentra en el rango de clasificación “mala” según la calidad del agua. Los resultados obtenidos indicaron que el río presenta una deficiente de calidad del agua; con relación a estos parámetros, la temperatura alta y alto contenido de coliformes fecales; añadiendo que en los resultados obtenidos actualmente también influyeron en la disminución del oxígeno disuelto y alto contenido de fosfatos.

13.3. Macroinvertebrados como bioindicadores

En los tres puntos muestreados en el mes de abril se evidencia en la tabla 18 las 11 familias encontradas las cuales son: Scirtidae, Tubificidae, Haplotaxida, Hyalellidae, Physidae, Dolichopodidae, Psychodidae, Ceratopgonidae, Dystiscidae, Simuliidae y Baetidae en su mayoría pertenecen a la clase Insecta, lo cual conlleva a una biodiversidad media según el Índice de Shannon–Weaver. En el P1 y P2 se evidenció con mayor abundancia a la familia Scirtidae con una clasificación de 7, y finalmente en P3 a la familia de Simuliidae con una clasificación de 8, los cuales son muy significativos para la valoración de resultados en la tolerancia a la contaminación, siendo así los macroinvertebrados más encontrados en los tres puntos del mes de abril. Dando como resultado una calidad de agua Crítica.

En los tres puntos muestreados para el mes de mayo se evidencia en la tabla 21, 15 familias encontradas de macro invertebrados los cuales son: Scirtidae, Tubificidae, Haplotaxida, Hyalellidae, Tipulidae, Nepidae, Chironomidae, Physidae, Simuliidae, Limoniidae, Psychodidae, Ceratoponidae, Dystiscidae, Psychopodidae y Dolichodidae lo cual conlleva a una biodiversidad media en el P1, P3 y alta en el P2, según el Índice de Shannon-Weaver. En el P1 y P2 se encontró con mayor abundancia la familia Tipulidae con su clasificación de 3, y en el P3 de Psychopodidae con la clasificación de 7, los cuales son muy significativos para la valoración de resultados en la tolerancia a la contaminación, siendo así los macro invertebrados más encontrados en los tres puntos del mes de mayo. Dando como resultado una calidad de agua de Dudosa a Crítica.

En los tres puntos muestreados para el mes de junio se evidencia en la tabla 24 a las 11 familias encontradas de macro invertebrados los cuales son: Elnidae, Scirtidae, Chironomidae, Baetidae-Haplotaxida, Tubificidae, Hydrobiosidae, Tabonidae, Tipulidae, Simuliidae y Psychopodidae, lo cual conlleva a una biodiversidad media en el P1 y P2, en el P3 tiene una biodiversidad poca según el Índice de Shannon-Weaver. En el P1 se encontró con mayor abundancia a la familia de Tubificidae, en el P2 a la familia Haplotaxida ambas con la clasificación de 1 y finalmente en el P3 a Simuliidae con la clasificación de 8, los cuales son muy significativos para la valoración de resultados en la tolerancia a la contaminación, siendo así los macro invertebrados más encontrados en los tres puntos del mes de junio. Dando como resultado una calidad de agua de Crítica.

14. RESPUESTA A LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS

1. ¿Existe relación entre la calidad de agua con la diversidad de macroinvertebrados encontrados?

Si existe una relación porque la calidad de agua se puede verificar mediante macro invertebrados acuáticos, dependiendo las familias encontradas y la puntuación de cada una, la abundancia de las mismas es un indicador base para determinar la contaminación existente, además es una técnica novedosa y de economía accesible, se clasifican según su orden, familia y clase al que pertenecen, y a la tolerancia de condiciones de habitat por lo tanto sirven como bioindicadores de calidad. En río Machángara se determinó la calidad de agua Crítica por los macro invertebrados con alta tolerancia a la contaminación.

Con los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua se ha determinado que el río Machángara tiene una calidad de agua Crítica en el P1- la Recoleta de los tres meses muestreados, en el índice de ABI y EPT muestra una calidad de agua malo y cuenta con un índice de Shannon-Weaver tiene una biodiversidad media. Mientras que en el P2- el Rosario en los meses de abril y junio presenta una calidad de agua Crítica y en el mes de mayo presenta una calidad de agua Dudosa, tiene un índice de ABI entre malo y regular y en EPT cuenta con un porcentaje de 15.91%. Significando una calidad de agua mala, en el índice de Shannon-Weaver presenta una biodiversidad de alto a medio. Finalmente, en el P3 presenta una calidad de agua de Dudosa, Crítica y muy Crítica esto se debe a las familias de macro invertebrados encontrados en los diferentes meses los cuales tienen una tolerancia alta a la contaminación, en el índice de ABI Y EPT presenta una calidad de agua entre mala y pésima, en el índice

de Shannon- Weaver tiene una biodiversidad de medio a poco. Con respecto al índice de calidad de agua según los 9 parámetros analizados de aspectos Químico – físico y Microbiológico, determinaron la calidad del río Machángara en pésima con un valor de 22.44, existiendo así una relación en ambos estudios de calidad de agua.

2. ¿Las actividades antrópicas que generan efluentes al río Machángara influyen en los órdenes y familias de macro invertebrados encontrados?

Las actividades antrópicas si influyen en el área de estudio por las descargas indiscriminadas de aguas residuales sin previo tratamiento, son provocadas por habitantes cercanos a la ribera, por tal razón se encuentren familias de macro invertebrados con niveles altos de tolerancia a la contaminación. Debido a que generan cambios en los ecosistemas y la biodiversidad de los macro invertebrados, causado directa o indirectamente por las actividades humanas, teniendo como consecuencia una pérdida de hábitad.

En el río Machángara se encontraron 18 familias de macro invertebrados en los tres puntos de muestreos durante tres meses dando una calidad de agua Crítica, se identificó la clase Insecta siendo una de las más abundantes presentando aguas muy contaminadas de acuerdo al Índice de BMWP/col, además se encontró la familia Dystiscidae con su clasificación 3, los cuales son muy significativos para la valoración de la contaminación. 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 antrópica (cualquier acción o intervención realizada por el ser humano), generan graves problemas de contaminación y disminuyen la diversidad de macro invertebrados ya que algunos de ellos no sobreviven a ambientes dañinos, 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 Y ECONÓMICOS)

16.1. Sociales

La investigación aportará con los resultados obtenidos de los análisis de calidad de agua del río Machángara el mismo que demostró su alto grado de contaminación, este estudio pretende informar a las autoridades y la ciudadanía del uso del agua en las zonas agrícolas. Mediante la investigación realizada se pretende que la población junto con autoridades tome decisiones sobre la conservación y protección

del recurso hídrico. Las personas cercanas al río han causado un daño irreversible por sus actos, para esto se pretende concientizar para logren recuperar y aprovechar el agua que hacen uso en sus actividades, inclusive se alcanzó un impacto positivo con respecto al conocimiento impartido en los habitantes de los sectores muestreado, para así evitar el impacto ambiental.

16.2. Ambiental

El río Machángara 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 las actividades que generan degradación al recurso hídrico, que se está produciendo de 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 Machángara se encuentra con una calidad de agua muy contaminada en el P1, continua con una calidad de agua muy contaminada en el P2 y P3 la calidad de agua está fuertemente contaminada, por ello, 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. Económico

La calidad de agua se puede verificar mediante macro invertebrados acuáticos una técnica novedosa y de menos recursos económicos para conocer los índices de contaminación en las aguas los cuales según el orden, la familia, y el género al que pertenece tiene cierta tolerancia a las condiciones del agua por lo tanto sirven como bioindicadores de calidad.

En el proyecto de investigación se determinó la calidad de agua del río Machángara 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. La falta de recurso económicos viables al ambiente generó una barrera para el desarrollo estructural de los barrios adyacentes. Eso generó problemas ambientales, de salubridad, de infraestructura vial y otros que han deteriorado su forma de vida en lo social.

17. CONCLUSIONES

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

- La delimitación de la zona permitió identificar los tres puntos de muestreo, en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ), la contaminación hídrica se debe al crecimiento poblacional y la falta de conocimiento sobre el daño casi irreversible que se está ocasionando directa e indirectamente al recurso hídrico, debido al sistema de tuberías anti técnicas construidas para la evacuación de aguas residuales directamente al río sin previos tratamientos, que incluso estaría afectando a la salud de los habitantes a largo plazo.
- La utilización de los bioindicadores (macro invertebrados) hizo posible la determinación de calidad de agua del río Machángara, se encontraron un total de 18 familias de macro invertebrados acuáticos. En el P1- La Recoleta, en el mes de abril la familia de macroinvertebrados con mayor abundancia es Scirtidae, en el mes de mayo se encontró la familia de macroinvertebrados con mayor abundancia a Tipulidae, y en el mes de junio a la familia de Tubificidae. En el P2- El Rosario, en el mes de abril se encontró con mayor abundancia a la familia de macro invertebrados Scirtidae, en el mes de mayo a la familia Tipulidae, y en el mes de junio de Haplotaxida. Finalmente, en el P3- el Guabo en el mes de abril se encontró a los macro invertebrados con mayor abundancia a la familia de Simuliidae, en el mes de mayo a la familia Psychopodidae y en el mes de junio a la familia Simuliidae, teniendo así una relación existente en los tres puntos muestreados en los tres diferentes meses a la clase Insecta, debido a que existe una infinidad de especies que tiene tolerancia alta a la contaminación, lo cual da como resultado una calidad de agua Crítica, se puede encontrar la descripción de los macro invertebrados en la tabla 27.
- Con el análisis físico-químico y microbiológico (ICA), dio como resultado una calidad de agua pésima, sobrepasando los límites máximos permisibles en los parámetros de Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales, haciendo que el agua del río Machángara no aplique para el uso agrícola según el TULSMA. El cual ha sido afectado y alterado por las diferentes acciones humanas que habitan las riberas del río, siendo las más comunes las descargas de agua residual, botaderos de basura y escombros y la falta de conciencia ambiental por parte de la población.

18. RECOMENDACIONES

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

- Identificar las zonas de estudios de acuerdo al cronograma establecido, además georreferenciar antes de realizar estudios. También se debe manejar las herramientas adecuadamente para la respectiva recolección de macroinvertebrados de acuerdo a su morfología, eso posibilitará una mayor recolección de individuos de manera que permitan la determinación de la calidad de agua mediante los diversos índices biológicos, además es necesario el uso de las EPP para precautelar la seguridad de todo el personal implicado en el muestreo.
- Promover a la utilización de los índices BMWP/col, ABI y EPT ya que son complementarios en procesos de estimación de la calidad de agua, eso permitirá establecer el estado actual que se encuentra el recurso hídrico del área en estudio, además son metodologías que no requiere una cantidad económica muy alta.
- No realizar los muestreos durante épocas lluviosas porque no se podría obtener datos reales en dicha estación, se recomienda muestrear en puntos donde existan descargas directas al cuerpo hídrico, y permita así la evaluación de los parámetros para obtener los resultados del Índice ICA NFS. Con los resultados obtenidos de esta investigación se puede implementar soluciones a futuro para las autoridades pertinentes.

19. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, R. (2017). The Andean Biotic Index (ABI): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. *Revista de Biología Tropical*, 2-4.
- Aguilar, G. (2017). *MODELACIÓN HIDROLÓGICAS DE CRECIDAS EN LA CUENCA DEL RÍO MACHANGARA EN LA CIUDAD DE QUITO*. Quito.
- Aguirre, F. (2019). *MACROINVERTEBRADOS Y SU IDENTIFICACIÓN*. Quito.
- Armijos, P. (9 de DICIEMBRE de 2017). *IDEAM*. Obtenido de ideam.gov.co/web/agua/indicadores1#:~:text=Índice%20de%20calidad%20de%20Agua,humano%20independiente%20de%20su%20uso.
- Arroyo, C. (2017). Evaluación de la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del Bosque Protector Río Machángara (BPRG) a través de la utilización de macroinvertebrados acuáticos, Pichincha, Ecuador. Quito.
- Barba , N. M., & Cortez , E. T. (2019). Obtenido de http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/869/1.%20Informe%20de%20tesis_Mishel%20Barba_Eliana%20Cortez.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Bauder, & Singler. (2017). *El Total de Sólidos Disueltos (TDS)*.
- Bersosa, F., & Ulloa, C. (2018). *UTILIZACIÓN DE ÍNDICES EVALUADORES DE LA CALIDAD DE AGUA, BASADO EN BIOINDICADORES EN ECUADOR*. Quito.
- Blanco, S. (2010). GUÍA DE LAS DIATOMEAS DE LA CUENCA DEL DUERO. *Confederación Hidrográfica del Duero*, 15 -17.

- Bolaños, J., Cordero , G., & Segura , G. (2017). Determinacion de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminacion ocasionadas por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica).
- Bolívar, Q. C. (2015). *Contaminación del Río Machángara y el Derecho al Buen Vivir del DMQ*. Quito: E.S.A.
- Bussi, J. (2017). *Electrodos para medir pH*.
- Campaña, A. &. (2017). Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito Physic chemical and microbiological assesment of water quality in Machángara and Monjas rivers from Qu. 6.
- Campaña, R., & Gualoto, E. (2016). *Evaluación Físico Químico y Microbiológico de la calidad de agua de los ríos Machángara y Monjas*. Quito.
- Cap.3_part2._libro_blanco_del_agua.pdf. (23 de 04 de 2021). Obtenido de https://www.chj.es/es-es/medioambiente/planificacionhidrologica/Documents/Plan%20de%20Recuperaci%C3%B3n%20del%20J%C3%BAcar/Cap.3_part2._Libro_blanco_del_agua.pdf
- Carina Hidalgo & Edison Osorio . (2013). EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN D ELA CAPACIDAD SECUESTRANTE DE LOS METALES PESADOS . En C. H. Osorio. QUITO .
- Carpio, T. (2017). *Turbiedad por Nefelometría*. Colombia: IDEAM.
- Carrasco, J. (2020). Macro invertebrados como Bioindicadores de la calidad de agua en sitios de interes turisticos de la provincia de Pastaza, Amazonia Ecuatoriana. 6.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2011). *LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS*. Quito: EcoCiencia.
- Carrera, D. C. (2016). *UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE JURISPRUDENCIA, CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES VULNERACIÓN A LOS DERECHOS DE LA NATURALEZA Y AL BUEN VIVIR A*

CAUSA DE LA CONTAMINACIÓN DEL RÍO MACHÁNGARA, DEBIDO A LAS AGUAS RESIDUALES DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.

- Carrera, L. (2016). *Aplicación combinada del método BMWP –ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Carvajal, G., Renato, D., Carvajal, G., & Renato, D. (2016). *Contaminación del Río Machángara y el Derecho al Buen Vivir de los habitantes del Barrio de Guápulo del DMQ*. Quito.
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2018). *Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global*.
- Chamorro, M. (14 de Noviembre de 2018). *AGUASurbanas*. Obtenido de <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/14/monitoreo-biologico-de-calidad-de-agua/#:~:text=A%20estos%20organismos%20se%20los,grupos%20se%20describen%20m%C3%A1s%20adelante>.
- Chisaguano, I. C. (2015). *Evaluación ambiental del río Machángara*. Quito.
- COA. (2017). *Código Orgánico del Ambiente*. QUITO.
- COHIFE. (2021). *Cohife.org*. Obtenido de Cohife.org: <https://www.cohife.org/OLD/cohife-principios1.html>
- CONSTITUCIÓN DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. (2008). Ciudad Alfaro, Montecristi, Ecuador.
- Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande., Determinación de su calidad de agua. 9.
- Fao. (2021). *fao.org*. Obtenido de EL ECOSISTEMA FORESTAL URBANO EN QUITO.
- Fiero, C. C. (2018). *LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS*.

- Fernández, S & Pértegas, S. (24 de Abril de 2021). *Fisterra.com*. Obtenido de *Fisterra.com*:
<https://www.fisterra.com/formacion/metodologia-investigacion/investigacion-cuantitativa-cualitativa/#23166>
- Freire, M. (8 de septiembre de 2017). *Enciclopedia Ambiental (ambientum)*. Obtenido de
https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/macroinvertebrados.asp
- Fuhrhop, C., Glaría, J., Orellana, J., & Saavedra, C. (2016). *pH en un estanque*.
- Gamboa, M., Reyes, R., & Arrivillaga, J. (2018). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental*.
- García, R., Moreno, C., & Gutiérrez, J. B. (2017). *Renovando las medidas para evaluar la diversidad en comunidades ecológicas*. Mexico.
- Gómez. (6 de diciembre de 2017). *khanAcademy*. Obtenido de
<https://es.khanacademy.org/science/fisica-pe-pre-u/x4594717deeb98bd3:energia-cinetica/x4594717deeb98bd3:calor-y-temperatura/a/643-escalas-de-temperatura>
- Gómez, C., & Jordano, B. (2015). *Influencia del Potencial Hidrógeno (pH) y la concentración de Nitratos presentes en el agua de mezclado sobre el comportamiento Físico – Mecánico del Hormigón: Estudio en Laboratorio*.
- Gutiérrez, E. (2019). Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Machángara ICA-NSF. Quito.
- Hanson, P., & Springr, M. (2021). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 1.

Haro, Z., & Abigail, E. (2017). *Aplicación combinada del método BMWP –ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira*. Cuenca: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Hídricos, R. (sf). *El agua*.

Iberdrola. (9 de FEBRERO de 2019). *IBERDROLA*. Obtenido de <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/contaminacion-del-agua#:~:text=Los%20principales%20contaminantes%20del%20agua,resulte%20invisible%20en%20muchas%20ocasiones>.

INEC. (16 de 04 de 2021). *Tras las cifras de Quito*. Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Leal, D. A., Motta, E. G., Marín, L. G., & Losada, L. M. (2019). *SISTEMA PROTOTIPO PARA LA MEDIDA DE POTENCIAL DE HIDRÓGENO EN UNA DISOLUCIÓN*.

Lecca, E. R., & Lizama, E. R. (2014). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. *Industrial Data*, 17(1), 71-80.

Martínez, M. (2017). *Diagnostico Ambiental del río Machángara en base a la calidad del agua*. Quito: Universidad Internacional SEK.

Mendez, C. (8 de MARZO de 2017). *LENNTECH*. Obtenido de <https://www.lenntech.es/faq-contaminacion-agua.htm>

Mendoza, S. (2018). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua . *Fundación Universidad del Norte (redalyc.org)*, 1.

Ministerio del Ambiente. (2017). *Ambiente.gob.ec*. Obtenido de Ambiente.gob.ec.

- Moposita, A. D. (2015). Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10727/1/TESIS%20ALEXIS%20MOPOSITA.pdf>
- Moreno. (15 de febrero de 2016). *KhanAcademy*. Obtenido de <https://es.khanacademy.org/science/fisica-pe-pre-u/x4594717deeb98bd3:energia-cinetica/x4594717deeb98bd3:calor-y-temperatura/a/643-escalas-de-temperatura>
- Nations, U. (2019). *Agua | Naciones Unidas*. Obtenido de *Agua | Naciones Unidas*: <https://www.un.org/es/global-issues/water>
- Ochoa, M. (6 de enero de 2019). *Recuperación de río Machángara*. Obtenido de <http://www.comunidadandina.org/predecan/catalogovirtual/documentos/ecuador/doc02.pdf>
- OMS. (2018). Obtenido de <https://www.who.int/es>
- Ortega, I., & Loján, M. (2016). *El río Machángara y sus afectaciones a los derechos constitucionales de los moradores del sector " el transito, ciudad de Quito, Provinvia de Pichincha"*. Quito: Quito. UCE.
- Otayan, H., & Lasso, H. (2017). *Historia ambiental del río Machángara en Quito del siglo XX*. Quito.
- Palacios, L. (2015). *BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA*.
- Paredes, J. (4 de enero de 2021). *USMP. Edu*. Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/publicaciones/boletin/fia/info86/articulos/importanciaAgua.html>
- Pastuña, Á. G., & Ramírez, C. S. (2014). Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2725/1/T-UTC-00262.pdf>
- Peña, P., & Bustamante, M. (s.f.). *Guía practica de identificacion de plantas de ribera*. 30-50.
- Pérez, A. (2018). *GUIA de macroinvertebrados*. Quito.

Pérez, S. (2011). *Educación ambiental: Estrategias en la enseñanza de contaminación en fuentes Hídricas*.

Manizales: E-ISSN.

Pichincha, G. d. (4 de enero de 2015). Obtenido de

https://www.pichincha.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=1084

Pichincha, G. d. (2015). *Red Hidrográfica*. Quito.

Plasencia, C. (2020). *Determinación de calidad de agua de kis ríos Monjas y Machángara ubicados dentro del Distrito Metropolitano de Quito, Utilizando la metodología estadística del índice universal de calidad de agua (UWQI)*. Quito.

Plaza, L. (2016). BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. *SciELO*, 7.

Prat, N., Ríos, B., Acosta, R., & Rieradevall, M. (2019). *LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS*.

Puetate, Estefanía Gutiérrez. (2019). Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF. En E. G. Puetate, *Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui y San Antonio de Pichincha mediante ICA-NSF* (pág. 18). QUITO.

Quinga,E & Ullauri,C. (s.f.). *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS ESCUELA DE CIENCIAS GEOGRÁFICAS "ESTUDIO DE VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA Y FÍSICA EN LOS DISERTACIÓN DE GRADO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN CIENCIAS GEOGRÁFICAS*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/9120/ESTUDIO%20VULNERABILIDAD%>

20BELLA%20MAR%C3%83-

A%2C%20VISTA%20HERMOSA%20Y%20EL%20GUABO.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Quito, A. e.-V. (15 de 4 de 2021). *Visit Quito*. Obtenido de Visit Quito:

<https://visitquito.ec/descubre/animales-emblematicos/>

Ramos, L. (2018). *ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN MICROBIOLÓGICA (COLIFORMES TOTALES Y FECALES)*

.

RCOA. (2019). *Reglamento al Código Orgánico del Ambiente*. Quito.

Reinoso, C. (2018). *Evaluación Ambiental del río Machángara*. Quito.

Ríos del Planeta. (27 de mayo de 2020). Obtenido de <https://riosdelplaneta.com/rio-machangara/>

Ríos, S., Agudelo, R., & Guitierrez, L. (15 de febrero de 2017). Patogenos e indicadores microbiologicos de calidad del agua para consumo humano.

Romero, H., Alejandro, M., Ciudad, Q., & Edil, N. (2016). *Influencia del potencial de hidrógeno (pH), la concentración del lixiviante "sandioss", y el tiempo de lixiviación sobre el porcentaje de extracción de oro mediante agitación para un mineral tipo oxido*.

Rosas, J. L., & Ávila, H. (2015). *Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad de agua en la Laguna de Coyuca*. Mexico.

Ruiz, E., & Raffo, E. (2016). Características de la Aguas residuales y la demanda Bioquímica del Oxígeno. *Industrial Data*, 7-8.

Salazar, N. (2017). *Guía de Macroinvertebrados acúaticos segun su taxonomía*. Quito.

Sanabria, E. A., & Garay, F. R. (2019). *El modelo químico de potencial de hidrógeno -ph- y sus implicaciones en la ciencia escolar. Un análisis desde la modelación científico-didáctica*.

sanitation, S. D. (2019). Obtenido de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

Sigler, A. (2016). Alcalinidad, Ph y Sólidos Disueltos Totales. *WELL Educated*, 1.

Solange Estefanía Gutiérrez Puetate. (2019). *Evaluación espacio temporal de la calidad del agua del río Monjas, sectores Pomasqui*. QUITO .

Tenelema , E. E. (2016). Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6255/1/236T0240.pdf>

Torres, P., & Patiño, C. C. (8 de enero de 2018). *Dialnet*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4845739>

UNESCO. (2019). Obtenido de <https://www.acnur.org/5c93e4c34.pdf>

Vasquez, G. (2019). EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA D ELOS ROS DE LA CUIDAD DE CUENCA ECUADOR . *Reasearch paper*, 2.

Vélez, A. P., & Ortega , J. E. (2013). Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/4301/1/TESIS.pdf>

Vizcaino, L. (2021). Índice de calidad de agua (ICA), forma de estimarlos y aplicación den la cuenca Lerma-Chapala. *Instituto Mexicano de Tecnología de agua*, 1-2.

Water, & Boards. (2017). *Nitratos*.

Zamora, E. (2019). *Identificación de macroinvertebrados (orden, familia.especie.clase)*. Quito.

20. ANEXOS

20.1. ANEXO A. AVAL DE TRADUCCIÓN

***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 al idioma Inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ), 2021”**. Presentado por: **Chuqui Lema Amparo Marisol y Manzaba Jimenez Roxana Carolina**, egresadas de la Carrera de: **Ingeniería en Medio Ambiente**, perteneciente a la Facultad de **Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, 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 aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Agosto del 2021

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'V. Sandoval', written over a horizontal line.

Msc. Vladimir Sandoval V.

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502104219



Finanza el documento por:
**MARCO PAUL
BELTRAN
SEMBLANTE**



**CENTRO
DE IDIOMAS**

20.2. ANEXO B. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE ABRIL

Tabla 18

Número de especies encontradas en el mes de abril en La Recoleta

ABRIL										
INFORMACION GENERAL										
FECHA DE RECOLECCIÓN:		14/04/2021		HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 - 15:00		TEMPERATURA:		12.5 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		21/04/2021		CAUDAL:		4.8m ³ /s		RESPONSABLES:		Chuqui Amparo Manzaba Roxana
COORDENADAS:		X		780526.52		Y		9975840.82		Altitud: 2884 La Recoleta
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICE				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA			BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	200		7	5	-	2.20	
2.-	Anélida	Oligochaeta	Tubificidae	100		1	1	-		
3.-	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	197		1	1	-		
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	150		7	6	-		

5.-	Gastropoda	Basommtophora	Physidae	125	3	3	-	
TOTAL				772	19	16	-	
RESULTADOS:				Crítico		MALO	0%	MEDIO

Tabla 19

Número de especies encontradas en el mes de abril en El Rosario

ABRIL								
INFORMACION GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	14/04/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:	08:00 - 15:00	TEMPERATURA:	12.1 °C			
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	21/04/2021	CAUDAL:	9.7m ³ /s	RESPONSABLES:	Chuqui Amparo Manzaba Roxana			
COORDENADAS:	X	778846.37	Y	9975038.66	Altitud:	2800	El Rosario	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA	INDICE				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Anélida	Oligochaeta	Tubificidae	346	1	1	-	2.05
2.-	Insecta	Díptera	Dolichopodidae	300	4	4	-	
3.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	150	7	6	-	

4.-	Insecta	Díptera	Psychodidae	230	7	3	-	
5.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	450	7	5	-	
6.-	Insecta	Díptera	Ceratopgonidae	250	3	4	-	
TOTAL				1726	29	23	-	
RESULTADOS:				Crítica		MALO	0%	MEDIO

Tabla 20

Número de especies encontradas en el mes de abril en El Guabo

ABRIL										
INFORMACION GENERAL										
FECHA DE RECOLECCIÓN:		14/04/2021		HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 - 15:00		TEMPERATURA:		12.2 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		21/04/2021		CAUDAL:		11.3m ³ /s		RESPONSABLES:		Chuqui Amparo Manzaba Roxana
COORDENADAS:		X		780526.52		Y		778846.37		Altitud: 2897 El Guabo
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICE				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA			BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	

1.-	Insecta	Coleòptera	Dytiscidae	230	9	3	-	1.64
2.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	220	7	5	-	
3.-	Insecta	Díptera	Psychodidae	100	7	3	-	
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	220	7	6	-	
5.-	Insecta	Díptera	Simuliidae	370	8	5	-	
6.-	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	76	7	4	-	
TOTAL				1215	45	26	-	
RESULTADOS:				Dudosa		MALO	0%	MEDIO

20.3. ANEXO C. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE MAYO

Tabla 21

Número de especies encontradas en el mes de mayo en La Recoleta

MAYO					
INFORMACION GENERAL					
FECHA DE RECOLECCIÓN:	14/05/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:	08:00 - 14:00	TEMPERATURA:	19.6 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	25/05/2021	CAUDAL:	5.8m ³ /s	RESPONSABLES:	Chuqui Amparo

								Manzaba Roxana	
COORDENADAS:		X	780526.52	Y	9975840.82	Altitud:	2884	La Recoleta	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICE			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	105	7	5	-	2.69	
2.-	Anélida	Oligochaeta	Tubificidae	180	1	1	-		
3.-	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	280	1	1	-		
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyalellidae	200	7	6	-		
5.-	Insecta	Díptera	Tipulidae	300	3	5	-		
6.-	Insecta	Hemíptera	Nepidae	250	5	5			
	Insecta	Díptera	Chironomidae	200	2	2			
TOTAL				1515	26	25	-		
RESULTADOS:				Crítica		MALO	0%	MEDIO	

Tabla 22

Número de especies encontradas en el mes de mayo en El Rosario

MAYO								
INFORMACION GENERAL								
FECHA DE RECOLECCIÓN:	14/05/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 - 14:00	TEMPERATURA:		19.2 °C	
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	25/05/2021	CAUDAL:		3.3m ³ /s	RESPONSABLES:		Chuqui Amparo Manzaba Roxana	
COORDENADAS:	X	778846.37	Y	9975038.66	Altitud:	2800	El Rosario	
TAXONOMÍA			ABUNDANCIA		INDICE			
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Anélida	Oligochaeta	Tubificidae	290	1	1	-	3.22
2.-	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	190	1	1		
3.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	150	7	6		
4.-	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	150	3	3		
5.-	Insecta	Díptera	Simuliidae	45	8	5	-	
6.-	Insecta	Díptera	Tipulidae	365	3	5		

7.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	235	2	2		
8.-	Insecta	Díptera	Limoniidae	150	4	4		
9.-	Insecta	Díptera	Psychopodidae	106	7	3	-	
10.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	220	7	5	-	
11.-	Insecta	Díptera	Ceratoponidae	125	3	4	-	
TOTAL				1981	46	39	-	
RESULTADOS:				Dudosa		MALO	0%	ALTO

Tabla 23

Número de especies encontradas en el mes de mayo en El Guabo

MAYO							
INFORMACION GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	14/05/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 - 14:00	TEMPERATURA:		19.1 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	25/05/2021	CAUDAL:		11.36m ³ /s	RESPONSABLES:		Chuqui Amparo Manzaba Roxana
COORDENADAS:	X	776743.42	Y	9974160.62	Altitud:	2897	El Guabo

TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	INDICE			
Nº	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Coleòptera	Dystiscidae	230	9	3	-	2.11
2.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	220	7	5	-	
3.-	Insecta	Díptera	Psychopodidae	320	7	3	-	
4.-	Crustáceo	Amphipoda	Hyaellidae	154	7	6	-	
5.-	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	240	1	1	-	
6.-	Insecta	Coleòptera	Tubificidae	110	1	1	-	
TOTAL				1274	32	19	-	
RESULTADOS:				Crítica		MALO	0%	MEDIO

20.4. ANEXO D. RESULTADOS DE LA IDENTIFICACIÓN DE MACRO INVERTEBRADOS DE LOS MESES DE JUNIO

Tabla 24

Número de especies encontradas en el mes de junio en La Recoleta

JUNIO											
INFORMACION GENERAL											
FECHA DE RECOLECCIÓN:		11/06/2021		HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 - 13:00		TEMPERATURA:		17°C	
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		14/06/2021		CAUDAL:		5.25m³/s		RESPONSABLES:		Chuqui Amparo Manzaba Roxana	
COORDENADAS:		X		780526.52		Y		9975840.82		Altitud: 2884	La Recoleta
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA		INDICE					
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER			
1.-	Insecta	Coleòptera	Elmidae	230	6	5	-	2.50			
2.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	220	7	5	-				
3.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	320	2	2	-				
4.-	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	154	7	4	-				
5.-	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	380	1	1	-				
6.-	Insecta	Coleòptera	Tubificidae	440	1	1	-				
TOTAL				1744	25	18	-				
RESULTADOS:				Crítica		MALO	0%	MEDIO			

Tabla 25

Número de especies encontradas en el mes de junio en El Rosario

JUNIO									
INFORMACION GENERAL									
FECHA DE RECOLECCIÓN:		11/06/2021		HORA DE RECOLECCIÓN:		08:00 - 13:00		TEMPERATURA:	17.3 °C
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:		14/06/2021		CAUDAL:		5.80m ³ /s		RESPONSABLES:	Chuqui Amparo Manzaba Roxana
COORDENADAS:		X	778846.37	Y	9975038.66	Altitud:	2800	El Rosario	
TAXONOMÍA				ABUNDANCIA	INDICE				
N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER	
1.-	Insecta	Tripchoptera	Hydrobiosidae	280	9	8	280	2.51	
2.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	140	7	5	-		

3.-	Insecta	Díptera	Chironomidae	344	2	2	-	
4.-	Insecta	Díptera	Tabonidae	255	5	4	-	
5.-	Anélida	Oligochaeta	Haplotaxida	450	1	1	-	
6.-	Insecta	Coleòptera	Tubificidae	290	1	1	-	
TOTAL				1759	25	21	280	
RESULTADOS:				Crítica		MALO	15,91%	MEDIO

Tabla 26

Número de especies encontradas en el mes de junio en El Guabo




JUNIO							
INFORMACION GENERAL							
FECHA DE RECOLECCIÓN:	11/06/2021	HORA DE RECOLECCIÓN:	08:00 - 13:00	TEMPERATURA:	17, °C		
FECHA DE IDENTIFICACIÓN:	14/06/2021	CAUDAL:	5,30m ³ /s	RESPONSABLES:	Chuqui Amparo Manzaba Roxana		
COORDENADAS:	X	776743,42	Y	9974160,62	Altitud:	2897	El Guabo
TAXONOMÍA		ABUNDANCIA		INDICE			

N°	CLASE	ORDEN	FAMILIA		BMWP/col	ABI	EPT	SHANNON-WEAVER
1.-	Insecta	Coleóptera	Dytiscidae	320	9	3	-	1.54
2.-	Insecta	Coleòptera	Scirtidae	210	7	5	-	
3.-	Insecta	Díptera	Tipulidae	410	3	5	-	
4.-	Insecta	Díptera	Simuliidae	420	8	5	-	
TOTAL				1370	27	18	-	
RESULTADOS:				Crítica		Malo	0%	POCO

20.5. ANEXO E. DESCRIPCIÓN BIOINDICADORES

Tabla 27

Guía de Macro invertebrados encontrados en el río Machángara

N°	TAXONOMIA	DESCRIPCIÓN	FOTOGRAFÍA
1	<p>CLASE: Anélido</p> <p>ORDEN: Oligochaeta</p> <p>FAMILIA: Tubificidae</p>	<p>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. (Pérez A. , 2018).</p>	
2	<p>CLASE: Anélido</p> <p>ORDEN: Oligochaeta</p> <p>FAMILIA: Haplotaxida</p>	<p>Los haplotáxidos son un grupo de lombrices (Oligochaeta) con nivel de orden que ha tenido diversas interpretaciones, por lo que su circunscripción es ambigua y frecuentemente no monofilética. En ciertos casos agrupa a lombrices acuáticas o semiacuáticas, ya sea marinas o de agua dulce; en otros casos la definición es más amplia, abarcando también las lombrices de tierra. (Salazar, 2017).</p>	
3	<p>CLASE: Crustáceo</p> <p>ORDEN: Amphipoda</p> <p>FAMILIA: Hyaellidae</p>	<p>La utilidad de Hyaellidae como bioindicador de contaminación pueden ser empleadas para evaluar la contaminación por pesticidas y toxicidad de hidrocarburos aromáticos en ríos. Miden entre 5.0 y 10.0 mm; es el equivalente a Gammarus de zonas templadas. Presentan coloración blanquesina o amarillenta. Viven en corrientes y remansos de quebradas, asociados</p>	

		a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones. (Aguirre, 2019).	
4	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Coleóptera</p> <p>FAMILIA: Scirtidae</p>	<p>Los adultos de esta familia son escarabajos pequeños (1,5-12mm), de hábitos terrestres.</p> <p>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 (Aguirre, 2019).</p>	
5	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Díptera</p> <p>FAMILIA: Dolichopodidae</p>	<p>Viven en prados, bosquecillos, en general lugares de alta humedad, incluyendo unas pocas especies cerca de aguas salinas. Algunas especies son semiacuáticas, ninguna es totalmente acuática. Los adultos son depredadores, alimentándose de pequeños artrópodos. Usan señales visuales en el cortejo sexual. (Hanson & Springer, 2021).</p>	
6	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Dipeta</p> <p>FAMILIA: Ceratopgnidae</p>	<p>Son una familia de pequeños dípteros nematóceros de 1 a 4 mm de longitud. Están estrechamente relacionados con las familias Chironomidae, Simuliidae, y Thaumaleidae. Se los encuentra en hábitats acuáticos y semiacuáticos en todo el mundo. Las hembras de muchas especies están adaptadas para chupar sangre de una gran cantidad de</p>	

hospedantes animales (hematofagia).
(Carrasco, 2020).

7

CLASE:
Insecta
ORDEN:
Díptera
FAMILIA:
Chironomidae

Esta familia es una de las más habituales y abundantes en todo tipo de hábitats de agua dulce, capaz de adaptarse a ríos con diferentes tipos de perturbaciones mejor que otros taxones de macroinvertebrados, por lo que un aumento de su frecuencia relativa respecto al total de macroinvertebrados nos indica que existe alguna perturbación en el ecosistema. La larva varía en tamaño, mide entre 2.0 y 30.0 mm; es una familia muy compleja, que posee varias subfamilias. En general, presentan cabeza capsulada, no retráctil y esclerotizada; el tórax y abdomen están fusionados, son alargados y cilíndricos, poseen prolongaciones en el protórax y en el último segmento abdominal. Viven en aguas lólicas y lénticas con abundante materia orgánica en descomposición. Algunos, como *Chironomus*, viven en aguas muy contaminadas; otros pueden vivir en aguas limpias. (Aguirre, 2019).









8



CLASE:
Insecta
ORDEN:
Díptera

Miden entre 2.0 y 3.0 mm; tienen cuerpo aplanado; los discos succionadores se hallan en la línea media ventral; poseen cámara respiratoria anal cuyos lóbulos terminan en penachos. Viven en aguas lólicas sobre sustratos rocosos. (Hanson & Springr, 2021).



	<p>FAMILIA: Psychodidae</p>	
9	<p>CLASE: Gastropoda</p> <p>ORDEN: Basommatophora</p> <p>FAMILIA: Physidae</p>	<p>Conchas entre 9.0 y 12.3 mm de largo y entre 4.3 y 6.4 de ancho; de forma ovalada, delgadas, de color café, con cinco vueltas de salientes moderadas. La concha tiene a menudo incrustaciones negras en la espira que son depósitos de óxidos férricos. Se encuentran en todo tipo de aguas, pero con preferencia en aguas contaminadas. (Zamora, 2019)</p> 
10	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Díptera</p> <p>FAMILIA: Simuliidae</p>	<p>Miden entre 5.0 y 8.0 mm; poseen cuerpo en forma de botella; los brazos posteriores del esclerito anal forman un anillo; los dientes del submentón se encuentran reunidos en tres grupos conspicuos. Viven en corrientes asociados a sus pupas, fuertemente adheridos al sustrato. (Aguirre, 2019).</p> 
11	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Coleóptera</p> <p>FAMILIA: Dytiscidae</p>	<p>Los ditíscidos (Dytiscidae), comúnmente llamados ditiscos o escarabajos buceadores, son una familia de coleópteros adéfagos acuáticos, de 2 a 45 mm de longitud. Se conocen unas 5000 especies. (Prat, Ríos, Acosta, & Rieradevall, 2019).</p> 

12	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Ephemeroptera</p> <p>FAMILIA: Baetidae</p>	<p>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. (Carrera & Fierro, 2011).</p>	
13	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Coleoptera</p> <p>FAMILIA: Elmidae</p>	<p>Presentan formas de cuerpo variables (cilíndrica, subcilíndrica o aplanada) con branquias caudales a modo de penacho de filamentos ubicadas en una cámara apical cubierta por una tapa u opérculo y un par de ganchos. (Aguirre, 2019).</p>	
14	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Díptera</p> <p>FAMILIA: Tipulidae</p>	<p>Larvas hemicéfalas. Mandíbulas en forma de pinza, en disposición horizontal con respecto a la cabeza. Disco espiracular con 6 o más lóbulos. (Hanson & Springr, 2021).</p>	
15	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Díptera</p> <p>FAMILIA: Nepidae</p>	<p>Su nombre común es el de escorpiones de agua o también conocidos como "viejas del agua" debido a su hábitat acuático y a su semejanza, a primera vista, con los escorpiones. Dicho tubo respiratorio está conectado al sistema traqueal del insecto, lo cual permite que este oxigene el gas interno al sistema</p>	

16	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Díptera</p> <p>FAMILIA: Limoniidae</p>	<p>respiratorio sin obligarle a una emersión completa que exponga todos sus espiráculos. (Gamboa, Reyes, & Arrivillaga, 2018).</p> <p>En su mayoría, las larvas son acuáticas o semiacuáticas. La mayoría de las larvas de Tipulidae, en comparación, son terrestres, aunque algunas son acuáticas y se encuentran en grandes cantidades en los hábitats de las larvas de limoninos. Varias especies han evolucionado para alimentarse de diferentes fuentes de alimento, por lo que puede haber especies (Prat, Ríos, Acosta, & Rieradevall, 2019)</p>	
17	<p>CLASE: Insecta</p> <p>ORDEN: Trichoptera</p> <p>FAMILIA: Hydrobiosidae</p>	<p>Miden entre 10.0 y 12.0 mm; las 1as patas son muy modificadas; las otras dos tienen escleritos en la base de la coxa; son un tipo de tricópteros que no construyen estuches, pero fabrican redes de seda con las que atrapan partículas arrastradas por el río y que le sirven de alimento. No son muy exigentes en cuanto a calidad del agua, por lo que suelen aparecer en la mayoría de tramos fluviales. (Carrasco, 2020).</p>	

18

CLASE: Insecta
ORDEN: Diptera
FAMILIA: Tipulidae

Son insectos de apariencia delicada, delgados, de patas muy finas y largas. Suelen mantener las alas abiertas cuando están en reposo lo cual hace fácil ver los grandes halterios o balancines. De su cabeza, destacan los grandes ojos compuestos. Las piezas bucales son alargadas dándole un aspecto de hocico y no sirven para picar. En contraste con la mayoría de los dípteros no son buenos voladores y son fáciles de atrapar. (Fiero, 2018).



20.6. ANEXO F. RESULTADOS DEL LABORATORIO

Figura 6. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes abril (P1)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 887

PROTOCOLO: 186988/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	20254-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Recoleta			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	12,5	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	58,9	± 0,7 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,62	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	106,21	± 16,34 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	3,32	± 0,23 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	2,85	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	330,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	9200,0	± 2,1 NMP/100ml	1000	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	205,6	± 42,7 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	5,63	± 0,25 mg/l	3	CUMPLE

Figura 7. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes abril (P2)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 8877

PROCOLO: 187001/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	20254-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				El Rosario			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	12,1	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	98,7 ⁹⁾	± 1,1 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,65	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	197,30	± 16,34 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	3,91	± 0,23 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	3,13	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	352,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	9200,0	± 2,1 NMP/100ml	1000	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	305,2	± 74,6 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	3,16	± 0,24 mg/l	3	⁽³⁾ CUMPLE

Figura 8. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes abril (P3)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 8877

PROTOCOLO: 187015/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	20254-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				El Guabo			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	12,2	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	100,4 ^g	± 1,1 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,51	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	152,24	± 16,34 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	3,20	± 0,23 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	3,53	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	342,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	1100,0	± 2,1 NMP/100ml	1000	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	264,0	± 42,7 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	3,33	± 0,24 mg/l	3	CUMPLE

Figura 9. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes mayo (P1)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 88

PROTOCOLO: 249335/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	27198-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				La Recoleta			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	19,6	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	69,7	± 0,7 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,26	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	2,65	± 0,24 mg/l	3	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	61,11	± 2,53 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	4,67	± 0,47 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	2,75	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	248,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	790,0	± 1,4 NMP/100ml	1000	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	177,8	± 3,6 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Figura 10. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes mayo (P2)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 8877

PROCOLO: 249332/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	27198-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				El Rosario			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	19,2	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	84,6 ⁹	± 1,1 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,12	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	<2,00	± 0,24 mg/l	3	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	109,86	± 16,34 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	6,34	± 0,47 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	4,21	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	284,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	16000,0	± 2,0 NMP/100ml	1000	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	261,4	± 42,7 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Figura 11. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mayo (P3)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 887

PROCOLO: 249334/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	27198-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				El Guabo			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	19,1	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	105,6 ⁹⁾	± 1,1 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,25	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	<2,00	± 0,24 mg/l	3	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	89,36	± 2,53 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	2,83	± 0,47 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	4,47	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	304,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	>16000	± 2,0 NMP/100ml	1000	NO CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 A y 5220 D	PA - 32.00	mg/l	234,3	± 42,7 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Figura 12. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes junio (P1)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 8877

PROCOLO: 314151/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	34153-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				La Recoleta			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	17	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	38,5	± 0,7 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,53	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	<2,00	± 0,24 mg/l	3	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	24,69	± 0,79 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	<1,00	± 0,23 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	4,34	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	316,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	280,0	± 1,4 NMP/100ml	1000	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	57,1	± 2,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Figura 13. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes junio (P2)



ALS Ecuador
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipreses
Quito, Ecuador
T: +59 3 2280 887

PROTOCOLO: 314150/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	34153-1	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				El Rosario			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	17,3	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	36,7	± 0,7 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,55	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	<2,00	± 0,24 mg/l	3	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	69,65	± 2,53 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	1,20	± 0,23 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	6,84	± 0,17 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	348,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	350,0	± 1,4 NMP/100ml	1000	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	147,3	± 4,0 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

Figura 14. Resultados de análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del mes junio (P3)



ALS Ecu
De Los Eucaliptos E3-23 y De Los Cipre
Quito, Ecu
T: +59 3 2280 81

PROTOCOLO: 314159/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTION	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	34153-3	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				El Guabo			
TEMPERATURA	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2550 B	PA - 47.00	°C	17,1	± 0,2 °C	NO APLICA	NO APLICA
TURBIDEZ	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2130 A y 2130 B	PA - 37.00	NTU	70,5	± 0,7 NTU	NO APLICA	NO APLICA
POTENCIAL HIDRÓGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-H+ A y 4500-H+ B	PA - 05.00	U pH	7,52	± 0,11 U pH	6 - 9	CUMPLE
OXÍGENO DISUELTO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-O G	POS - 27.00	mg/l	<2,00	± 0,24 mg/l	3	NO CUMPLE
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5210 B	PA - 45.00	mg/l	70,06	± 2,53 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
NITRATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-NO3- E	PA - 48.00	mg/l	1,06	± 0,23 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
FOSFATOS	Standard Methods Ed. 23, 2017, 4500-P B y 4500-P C	PA - 49.00	mg/l	7,24	± 0,14 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 2540 A y 2540 C	PA - 15.00	mg/l	336,0	± 3,3 mg/l	NO APLICA	NO APLICA
COLIFORMES FECALES	Standard Methods Ed. 23, 2017, 9221 B, E y F	PA - 66.00	NMP/100ml	470,0	± 1,4 NMP/100ml	1000	CUMPLE
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO	Standard Methods Ed. 23, 2017, 5220 D	PA - 01.00	mg/l	154,1	± 3,6 mg/l	NO APLICA	NO APLICA

20.7. ANEXO G. RESULTADOS DEL SOFTWARE IQADATA

Figura 15. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos del La Recoleta (P1) correspondiente al mes de abril.

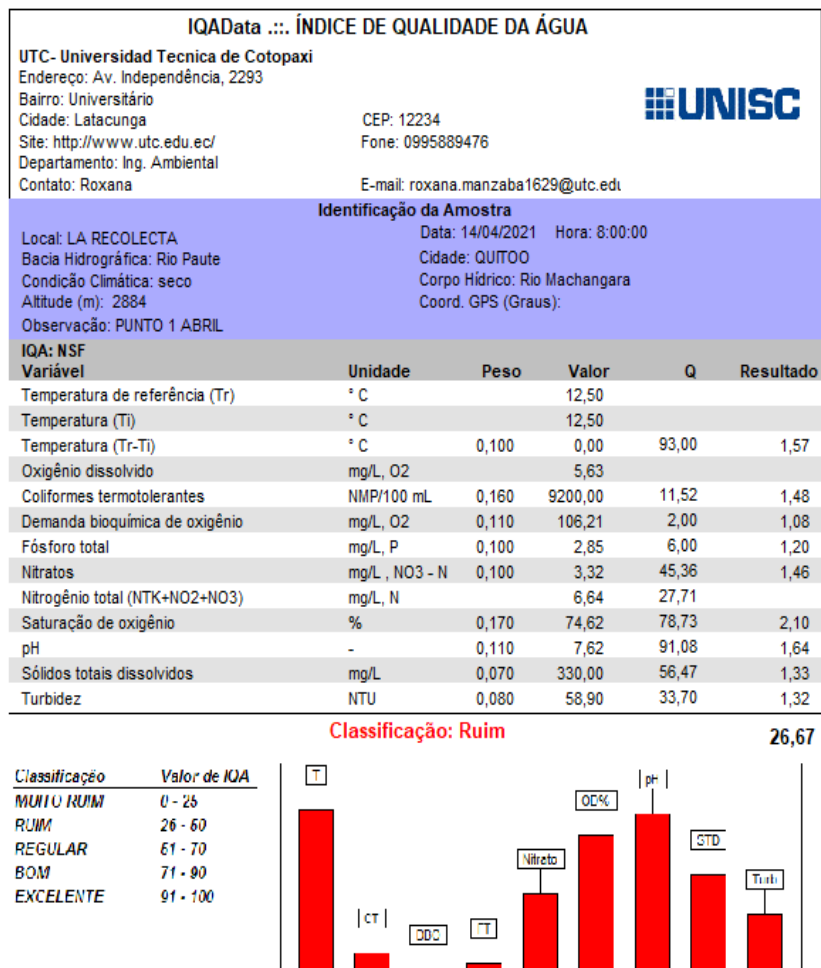



Figura 16. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos El Rosario (P2) correspondiente

al mes de abril

UTC- Universidad Tecnica de Cotopaxi Endereço: Av. Independência, 2293 Bairro: Universitário Cidade: Latacunga Site: http://www.utc.edu.ec/ Departamento: Ing. Ambiental Contato: Roxana		CEP: 12234 Fone: 0995889476 E-mail: roxana.manzaba1629@utc.ed			
Identificação da Amostra					
Local: LA RECOLECTA	Data: 14/05/2021	Hora: 8:00:00			
Bacia Hidrográfica: Rio Paute	Cidade: QUITOO	Corpo Hídrico: Rio Machangara			
Condição Climática: seco	Coord. GPS (Graus):				
Altitude (m): 2884					
Observação: PUNTO 1 MAYO					
IQA: NSF					
Variável	Unidade	Peso	Valor	Q	Resultado
Temperatura de referência (Tr)	* C		19,60		
Temperatura (Ti)	* C		19,60		
Temperatura (Tr-Ti)	* C	0,100	0,00	93,00	1,57
Oxigênio dissolvido	mg/L, O2		2,65		
Coliformes termotolerantes	NMP/100 mL	0,160	790,00	26,06	1,68
Demanda bioquímica de oxigênio	mg/L, O2	0,110	61,11	2,00	1,08
Fósforo total	mg/L, P	0,100	2,75	6,07	1,20
Nitratos	mg/L, NO3 - N	0,100	4,77	37,65	1,44
Nitrogênio total (NTK+NO2+NO3)	mg/L, N		9,54	16,59	
Saturação de oxigênio	%	0,170	40,88	31,81	1,80
pH	-	0,110	7,96	85,64	1,63
Sólidos totais dissolvidos	mg/L	0,070	248,00	66,86	1,34
Turbidez	NTU	0,080	69,70	29,58	1,31
Classificação: Ruim				25,46	

Classificação	Valor de IQA
MUITO RUIM	0 - 25
RUIM	26 - 50
REGULAR	51 - 70
BOM	71 - 90
EXCELENTE	91 - 100

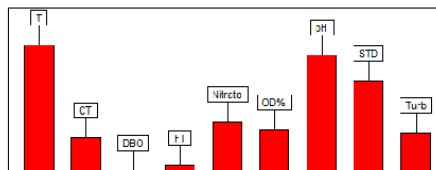


Figura 17. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos El Guabo (P3) correspondiente al mes de abril

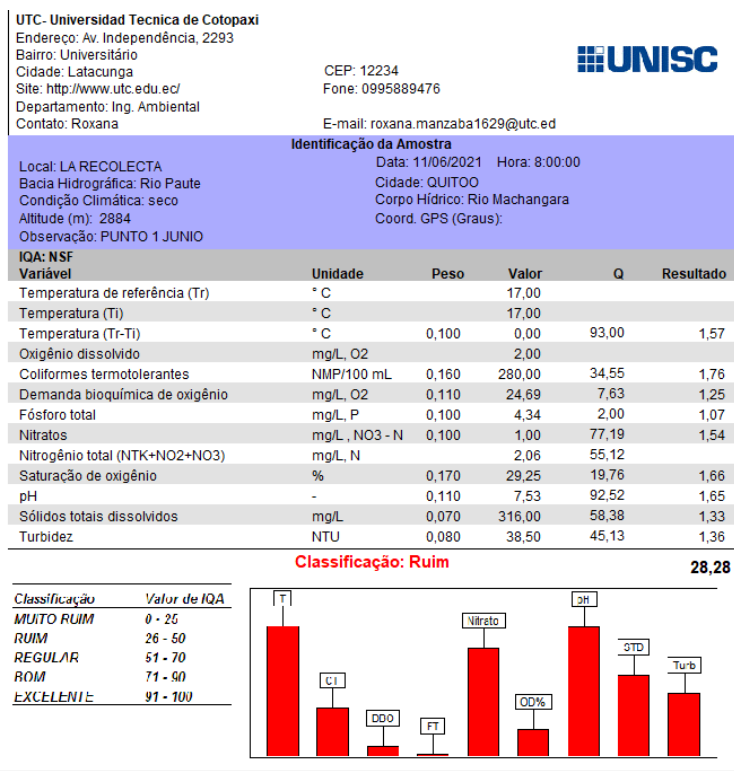


Figura 18. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de La Recoleta (P1) correspondiente al mes de mayo

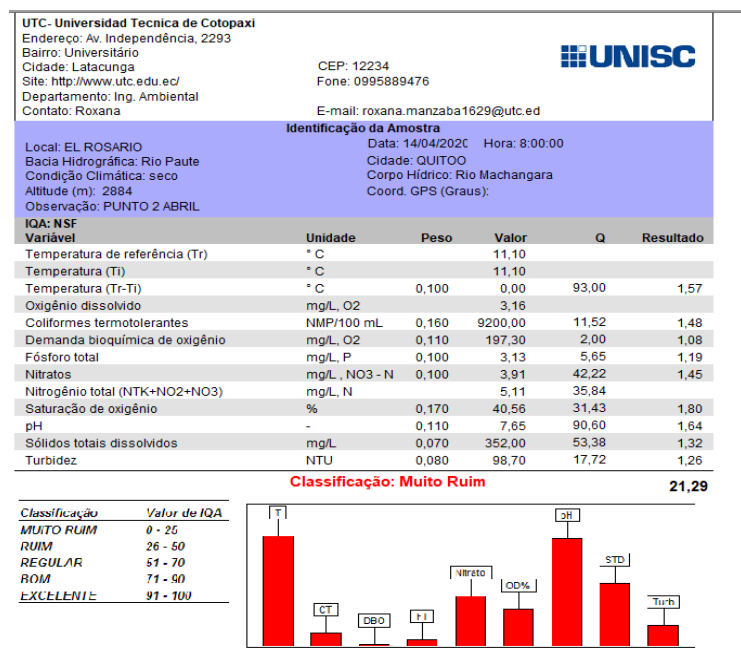


Figura 19. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Rosario (P2) correspondiente al mes de mayo

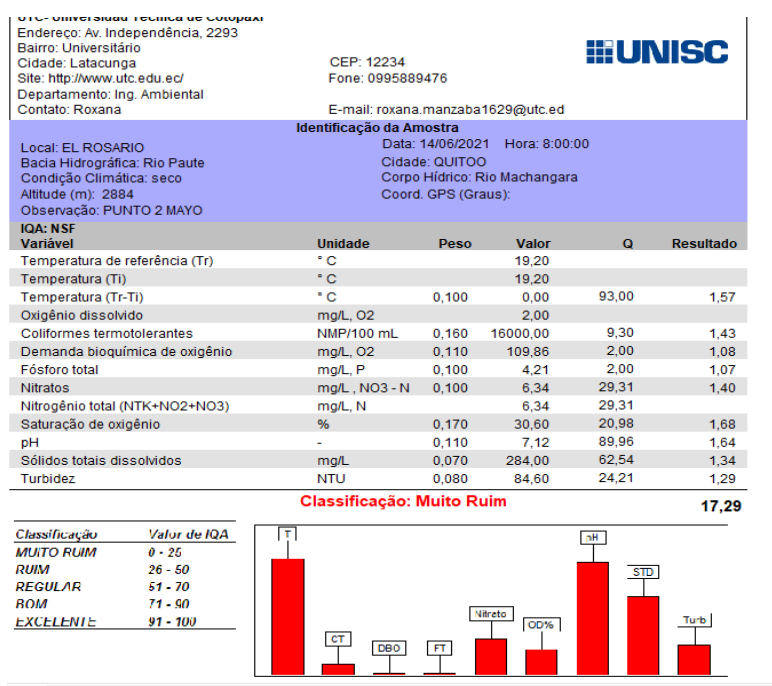


Figura 20. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Guabo (P3) correspondiente al mes de mayo

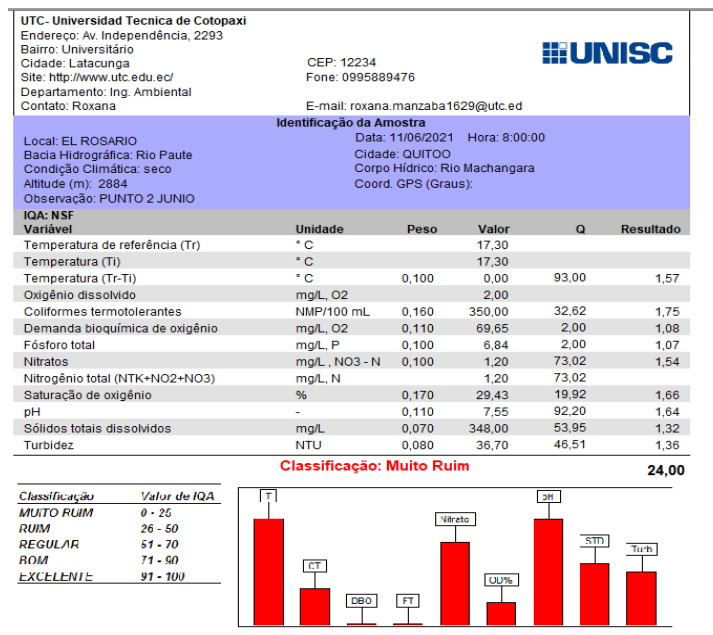


Figura 21. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de La Recoleta (P1) correspondiente al mes de junio

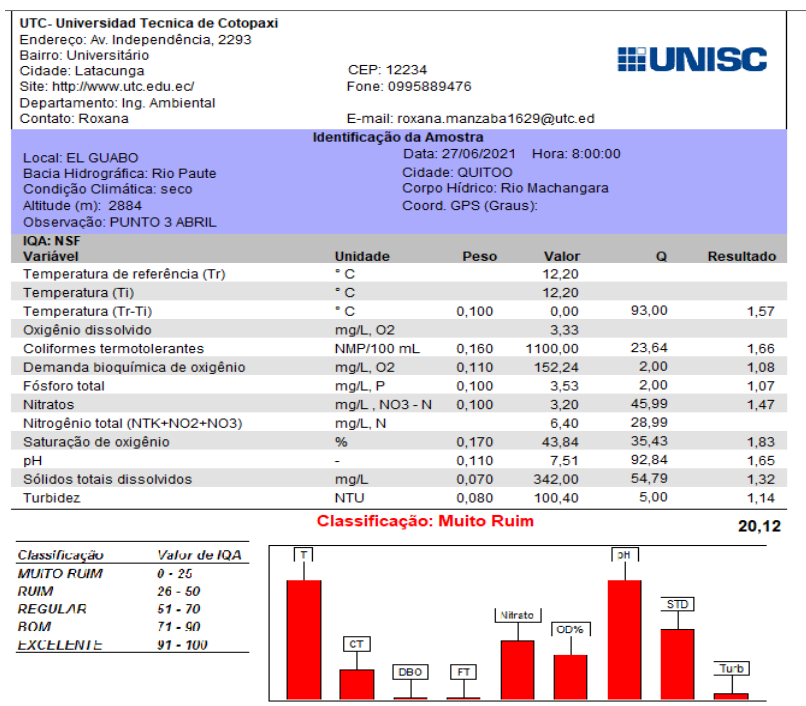


Figura 22. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Rosario (P2) correspondiente al mes de junio

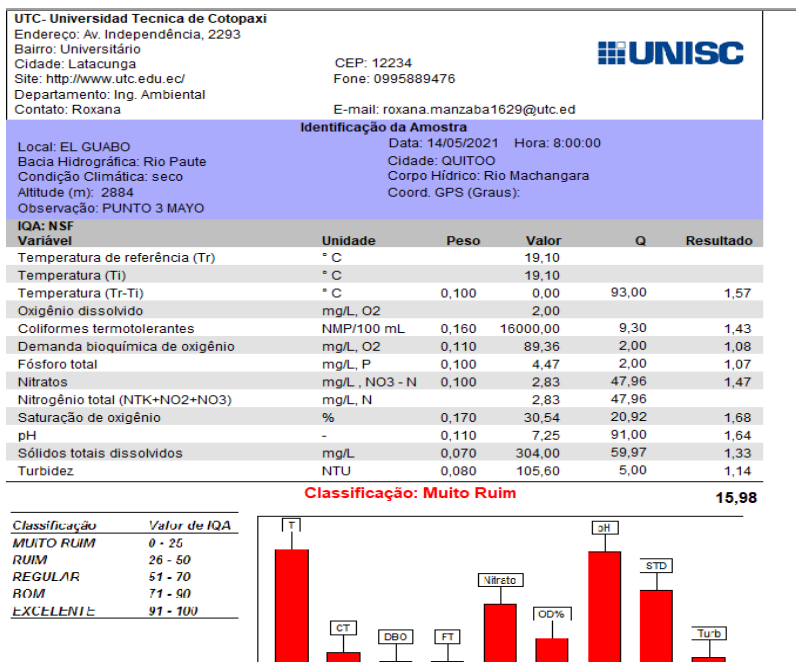
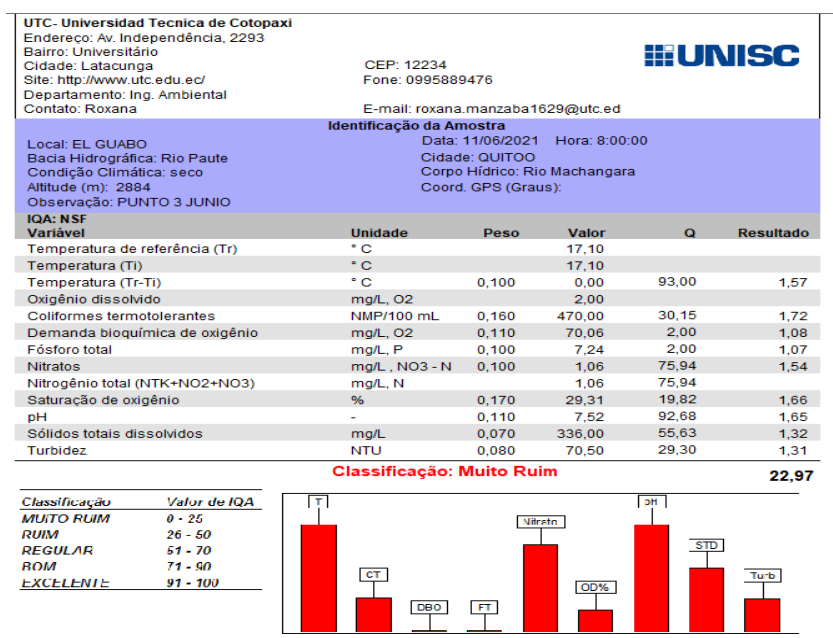


Figura 23. Resultados de los análisis Físicos- Químicos y Microbiológicos de El Guabo (P3) correspondiente al mes de junio



20.8. ANEXO H. REGISTRO FOTOGRAFICO

Fotografía 1. Recaudación de muestras de agua para el correspondiente análisis físico-químico y Microbiológico



Fotografía 2. *Medición de Caudal*



Fotografía 3. *Muestreo de macroinvertebrados del río Machángara*



Fotografía 4 Identificación de los macroinvertebrados en el Laboratorio de UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI (CEASA)



