



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

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, CON
BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL
CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero
en Medio Ambiente**

Autora:

Pilaguano Socasi Katherine Mishell

Tutor:

Ing. Cristian Javier Lozano Hernández M.sc

LATACUNGA – ECUADOR

Febrero 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Katherine Mishell Pilaguano Socasi, con C.C 172630752-1 declaró ser la autora del presente proyecto de investigación: **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, CON BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020”**, siendo el Msc. Cristian Javier Lozano Hernández tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Katherine Mishell Pilaguano Socasi
N°1726307521

Msc. Cristian Javier Lozano Hernández
N° 060360931-4

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, Katherine Mishell Pilaguano Socasi identificada con C.C. N° 1726307521 de estado civil soltera y con domicilio en Tambillo, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. 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/EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Determinación de la calidad del agua del Río Jambelí, con bioindicadores (macroinvertebrados) en la parroquia el Chaupí Cantón Mejía periodo 2019-2020”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de carrera: Abril 2015 – Agosto 2015

Fecha de finalización: Octubre 2019- Febrero 2020

Aprobación CA. - Latacunga, 15 de Noviembre del 2019

Tutor. - Msc. Cristian Javier Lozano Hernández.

Tema: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, CON BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020

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/EL 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/EL 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.
- f) 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/EL 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/EL 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/EL 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 19 días del mes de febrero del 2020.



Katherine Mishell Pilaguano Socasi

No 1726307521

LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

Latacunga, 7 de febrero del 2020

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ CON BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERÍODO 2019-2020”, de Katherine Mishell Pilaguano Socasi, 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.



TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Msc. Cristian Javier Lozano Hernández


CC: 060360931-4

Latacunga, 7 de febrero del 2020


AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Lectores del proyecto de investigación con el título:


“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, CON BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020” de Pilaguano Socasi Katherine Mishell, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir con las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.



Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ms. C. Patricio Clavijo
CC: 050144458-2



Lector 2
Nombre: Ing. Oscar Daza
CC: 040068979-0



Lector 3
Nombre: Dr. Polivio Moreno
CC: 050104764-1

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la fuerza y la sabiduría para finalizar mis estudios académicos.

A mis padres por ser la base en mi vida, por brindarme su apoyo incondicional ante cualquier adversidad que se me haya presentado y dejar que nunca me dé por vencida.

Por su infinito amor y darme su ejemplo para ser una excelente profesional, así como un gran ser humano.

A mi hermana por brindarme su apoyo incondicional y amistad que hizo que tuviera una de las etapas más significativas en mi vida.

A mi novio por ser mi soporte durante esta etapa de estudio y brindarme su amor y apoyo total.

A mis amigas por brindarme su amistad y apoyo en toda esta etapa de estudio.

Mi eterna gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a sus maestros por su formación académica y guía durante estos años de estudio.

DEDICATORIA

A Dios,

A mis padres Martita y Luis

A mi hermana Estefy.

A mi novio José Luis.

A mis amigas Jaque y Sandrita.

A ustedes por ser el apoyo, fuerza, ejemplo formando parte de mi vida y enseñarme a ser mejor persona, con humildad, responsabilidad, hacer las cosas con amor, a poner el hombro y a pesar de todas las circunstancias valorar el don de ser familia y amigas y así llegar a culminar esta etapa de Universidad.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020”

Autora: Katherine Mishell Pilaguano Socasi

RESUMEN

El proyecto de investigación se llevó a cabo en la parroquia El Chaupí, en el sector perteneciente al cantón Mejía de la provincia de Pichincha, con el objeto de determinar la calidad del agua, mediante bioindicadores y análisis físico, químico y microbiológicos, del Río Jambelí.

En los meses de octubre a enero se realizaron tres muestreos, donde se tomaron muestras en tres puntos estratégicos del río, se contabilizaron un total de 1388 individuos clasificados en 7 órdenes, 12 familias y 13 géneros. Se calculó los índices de calidad de agua para macroinvertebrados (EPT) Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, (BMWP/Col.) Biological Monitoring Working Party, (ABI) Andean Biological Party, Shannon-Weaver para la diversidad de especies y para el análisis físico, químico y microbiológico, se utilizó el ICA. (NFS) “Water Quality Index” National Sanitation Foundation, en muestras compuestas recolectadas en los meses noviembre y enero.

Los resultados obtenidos mediante la aplicación de los nueve parámetros del ICA. (NFS) determinaron que la calidad del agua es Media con un promedio de 52,11, mismos que fueron comparados con la Legislación Ecuatoriana Vigente - TULSMA, donde se evidenció que cumplen con los límites máximos permisibles. De la misma forma al aplicar las técnicas de los índices EPT con un 39%, BMWP/Col con una puntuación de 56 y ABI con 48 se definió que la calidad del agua corresponde a aguas moderadamente contaminadas. El índice Shannon- Weaver, indica que el valor promedio de la diversidad de especies es 1,465 correspondiente a baja diversidad, según el esquema Staub indica una contaminación moderada.

PALABRAS CLAVE: ABI, BMWP/Col, EPT, ICA NSF, macroinvertebrados, Shannon-Weaver.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TOPIC: “DETERMINATION OF THE WATER QUALITY OF THE JAMBELÍ RIVER, BY BIOINDICATORS (MACROINVERTEBRATES) IN THE PARISH EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO PERIOD 2019-2020”

Author: Katherine Mishell Pilaguano Socasi

ABSTRACT

The researching project was done in the El Chaupí town, in Mejía Canton, in Pichincha Province, in order to determine the quality of water, through bioindicators and physical, chemical and microbiological analysis, of Jambelí River.

In the months of October to January, three samples were taken, where three strategic points of the river, a total of 1388 individuals classified in 7 orders, 12 families and 13 genres were counted. Water quality indices for macroinvertebrates (EPT) Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, (BMWP / Col.) Biological Monitoring Working Party, (ABI) Andean Biological Party, Shannon-Weaver for species diversity and for physical analysis were calculated, chemical and microbiological, ICA was used. (NFS) “Water Quality Index” National Sanitation Foundation, in composite samples collected in November and January. The results obtained by applying the nine parameters of the ICA. (NFS) determined that the water quality is Media with an average of 52.11, which were compared with the Current Ecuadorian Legislation - TULSMA, where it was evidenced that they meet the maximum permissible limits. In the same way, when applying the techniques of the EPT indexes with 39%, BMWP / Col with a score of 56 and ABI with 48 it was defined the water quality corresponds to moderately contaminated waters. The Shannon-Weaver index indicates that the average amount of species diversity is 1,465 corresponding to low diversity, according to the Staub scheme it indicates moderate pollution.

KEYWORDS: ABI, BMWP / Col, EPT, ICA NSF, Macroinvertebrates, Shannon-Weaver.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA.....	ix
RESUMEN	x
INDICE DE CONTENIDOS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE IMÁGENES.....	xv
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	2
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
5. OBJETIVOS.....	3
5.1. Objetivo general.....	3
5.2. Objetivos específicos.....	3
5.3. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	4
6.1. El agua.....	4
6.2. Contaminación del agua.....	5
6.3. Tipos de contaminación de agua	5
6.4. Bioindicadores.....	7
6.5. Macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua.....	8

6.6.	Parámetros a analizar.	8
6.7.	Índice.....	10
7.	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	18
7.1.	Ubicación del sitio de estudio	18
7.2.	Fase de campo	18
7.3.	Puntos de muestreo.....	19
7.4.	Tipos de Investigación	20
7.5.	Método	21
7.6.	Técnicas.....	21
8.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	24
8.1.	Análisis de Resultados	24
8.2.	Análisis de macro invertebrados índice EPT	26
8.3.	Análisis de macro invertebrados índice BMWP/Col.	29
8.4.	Análisis de macro invertebrados índice ABI.....	32
8.5.	Análisis de macro invertebrados índice Shannon-Weaver.....	35
9.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	42
10.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS) 43	
11.	PRESUPUESTO.....	44
12.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
12.1.	Conclusiones.....	45
12.2.	Recomendaciones	46
13.	REFERENCIAS	46
14.	ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación.....	2
Tabla 2. Pesos y unidades asignados a los parámetros que conforma el ICA NSF.....	12
Tabla 3. Escala de Clasificación ICA NSF.....	12
Tabla 4. Sensibilidad de los macro invertebrado índice EPT.....	13
Tabla 5. Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos del índice BMWP/Col Adaptación para Colombia.....	14
Tabla 6. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.	14
Tabla 7. Puntuaciones del índice ABI de familias de macroinvertebrados acuáticos de los Andes tropicales mayores a los 2.000 msnm.....	16
Tabla 8. Puntaje para la determinación de la calidad del agua según el índice ABI.....	17
Tabla 9. Interpretación de los valores de diversidad del índice Shannon Weaver	18
Tabla 10. Clasificación de las aguas contaminadas de acuerdo a los índices de Shannon Weaver según Staub (1970).....	18
Tabla 11. Coordenadas del área de estudio	19
Tabla 12. Parámetros de análisis	23
Tabla 13. Valores de calidad de agua según el índice EPT.....	26
Tabla 14. Valores de calidad de agua según el índice EPT.....	27
Tabla 15. Valores de calidad de agua según el índice EPT.....	28
Tabla 16. Valores de calidad de agua según el índice BMWP/Col.....	29
Tabla 17. Valores de calidad de agua según el índice BMWP/Col.....	30
Tabla 18. Valores de calidad de agua según el índice BMWP/Col.....	31
Tabla 19. Valores de calidad de agua según el índice ABI.....	32
Tabla 20. Valores de calidad de agua según el índice ABI.....	33
Tabla 21. Valores de calidad de agua según el índice ABI.....	34
Tabla 22. Diversidad de especies del índice Shannon Weaver	35
Tabla 23. Diversidad de especies del índice de Shannon Weaver en el segundo punto.	37
Tabla 24. Diversidad de especies del índice de Shannon Weaver en el tercer punto.....	38
Tabla 25. Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados	40
Tabla 26. Resultados del índice ICA NSF.....	41
Tabla 27. Resumen de resultados de los índices ETP, BMWP/Col, ABI Y SHANNON WEAVER.	41
Tabla 28. Presupuesto de la investigación.....	44

ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Imagen del sitio de estudio y los puntos de muestreo.....	19
Figura 3. Análisis NFS – Noviembre – Valores Q.....	24
Figura 4. Análisis NFS – Enero – Valores Q.	25
Figura 5. Calidad del agua mediante el EPT en el primer punto de muestreo.	26
Figura 6. Calidad del agua mediante el EPT en el segundo punto de muestreo.....	27
Figura 7. Calidad del agua mediante el EPT en el tercer punto de muestreo.....	28
Figura 8. Calidad del agua mediante el BMWP/Col en el primer punto de muestreo. ..	29
Figura 9. Calidad del agua mediante el BMWP/Col en el segundo punto de muestreo. 30	
Figura 10. Calidad del agua mediante el BMWP/Col en el tercer punto de muestreo... 31	
Figura 11. Calidad del agua mediante el ABI en el primer punto de muestreo.....	32
Figura 12. Calidad del agua mediante el ABI en el segundo punto de muestreo.....	33
Figura 13. Calidad del agua mediante el ABI en el tercer punto de muestreo	34
Figura 14. Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver comparado con el esquema de Staub 1970 en el primer punto	35
Figura 15. Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver comparado con el esquema de Staub 1970 en el segundo punto.	37
Figura 16. Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver comparado con el esquema de Staub 1970 en el tercer punto	39
Figura 17. Abundancia total de las familias de macroinvertebrados.....	40
Figura 18. Calidad de agua promedio del índice ICA NSF.....	41

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Determinación de la calidad del agua del Río Jambelí, con bioindicadores (macroinvertebrados), parroquia el Chaupí, Cantón Mejía, período 2019-2020.

Lugar de ejecución

Parroquia el Chaupí, Cantón Mejía, Provincia Pichincha

Institución, unidad académica y carrera que la auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi - Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales- Ingeniería en Medio Ambiente

Nombres de equipo de investigadores

Tutor de Titulación: Ing. Cristian Javier Lozano Hernández M.sc

Autora: Katherine Mishell Pilaguano Socasi

Lector 1: Ms.C Patricio Clavijo Cevallos

Lector 2: Ing. Oscar Daza

Lector 3: Dr. Polivio Moreno

Área de Conocimiento

Servicios- Protección del ambiente

Línea de investigación

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de vinculación

Protección del ambiente

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El afluente del Río Jambelí es uno de los principales cuerpos hídricos que atraviesan la parroquia el Chaupí, Cantón Mejía, en el cual se descargan aguas residuales de la comunidad, de la industria agrícola y agropecuaria del sector y parte de los lixiviados generados por el relleno sanitario “Romerillos”.

Este proyecto investigativo buscó proporcionar datos acerca de las condiciones ambientales del cuerpo hídrico, utilizando parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y

bioindicadores (macroinvertebrados), de tal forma establecer componentes esenciales para la toma de decisiones de conservación del recurso hídrico en el sitio de estudio.

Al no encontrar investigaciones anteriores de este cuerpo hídrico, con respecto a calidad de agua con bioindicadores (macroinvertebrados) se contribuirá con información al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Mejía (PDOT), respecto al estado ecológico del sistema fluvial y generar conciencia ambiental del daño que se está suscitando en el afluente de agua respecto a contaminación.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación

Directos	Indirectos
Parroquia El Chaupí	Cantón Mejía
Hombres: 710	Hombres: 39.783
Mujeres: 746	Mujeres: 41.783
Total: 1456	Total: 81.566

Fuente: (GAD MEJÍA, 2019)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las tres cuartas partes del planeta es agua, tan solo el 2,5 % es agua dulce esta se encuentra distribuida en ríos, lagunas, glaciales y casquetes polares, los seres vivos tienen a su disposición el 0,007 % del agua dulce del planeta, haciendo que este bien sea necesario para la permanencia de especímenes vivos en el mundo, por consiguiente, su conservación es indispensable para el futuro.

En la actualidad la falta de agua dulce a nivel global es crítica por la contaminación de las fuentes hídricas y el deterioro del medio ambiente. En las últimas décadas los ecosistemas acuáticos continentales han sufrido los impactos causados por las actividades industriales antropogénicas de la zona aledaña al cuerpo hídrico.

Con el transcurso del tiempo el incremento poblacional es cada vez más grande en el mundo, esto ocasiona una exorbitante cantidad de aguas residuales que se descargan en un cuerpo hídrico como ríos y mares, la contaminación generada al ecosistema produce la reducción o ausencia de especies de fauna y flora.

En el Ecuador, las aguas residuales producidas por las actividades mineras, agrícolas, ganaderas, industriales entre otras, son descargadas en su mayoría en ríos que aportan diversos contaminantes como detergentes, aceites, grasas, materia orgánica y varios microorganismos parásitos, las aguas residuales agrícolas se caracterizan por su elevado contenido de fosfatos y nitratos procedentes de fertilizantes, así como de una amplia gama de plaguicidas, pesticidas y agentes biocidas en general.

El Río Jambelí, perteneciente a la parroquia del Chaupí es una reserva de agua de dulce donde habitan organismos vivos vertebrados e invertebrados, con el pasar de los años es afectado por las actividades antropogénicas ejercidas por las industrias agrícolas y agropecuarias de la zona, las actividades urbanas, la ocupación de las riberas, el incorrecto manejo de desechos, influyen en todo su ecosistema.

Es primordial el estudio de las condiciones ambientales del Río Jambelí para medir el nivel de contaminación del agua, utilizando principalmente análisis fisicoquímicos, elementos microbiológicos y el muestreo de macro invertebrados acuáticos.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

- Determinar la calidad de agua del Río Jambelí, mediante bioindicadores (macro invertebrados) en la parroquia el Chaupí Cantón Mejía.

5.2. Objetivos específicos.

- Caracterizar la situación actual del Río Jambelí en el área de estudio para determinar los puntos de muestreo.
- Identificar las especies de macroinvertebrados encontrados en el Río Jambelí.
- Determinar la calidad del agua mediante la aplicación de los índices ICA NFS, EPT, BMWP, ABI para macroinvertebrados y Shannon-Weaver para la diversidad de especies en el Río Jambelí

5.3. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS	DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA POR ACTIVIDAD
· Caracterizar la situación actual del Río Jambelí para determinar los puntos de muestreo.	Revisión bibliográfica y recopilación de información del proyecto.	Mapas digitales de la hidrografía del área de estudio.	Reconocimiento de los puntos de muestreo en la parte alta, media y baja del Río Jambelí con el uso del GPS (Sistema de Posicionamiento) para obtener coordenadas como latitud, longitud, altura y el programa ARC GIS para ubicar los puntos en un mapa del área de estudio.
	Ubicación de los puntos de muestreo del río	Georreferenciación de los puntos de muestreo.	
· Identificar las especies de macroinvertebrados encontrados en el Río Jambelí.	Muestreo con la red Surber.	Conservación, preservación y etiquetado de las muestras tomadas en campo.	Colección de macro invertebrados para colocarlos en frascos de plástico con alcohol al 70% dentro de un cooler hasta su traslado al Laboratorio.
	Identificación de los especímenes en el Laboratorio	Caracterización cualitativa y cuantitativa de las especies recolectadas.	Identificación cualitativa de los macroinvertebrados en orden, familia y género con ayuda de registros fotográficos, guías taxonómicas y cuantitativa en número de especies por familia
· Determinar la calidad del agua mediante la aplicación de los índices ICA NSF, EPT, BMWP, ABI para macroinvertebrados y Shannon-Weaver para la diversidad de especies en el Río Jambelí	Cálculo de los índices ICA NSF, EPT, BMWP, ABI, y Shannon-Weaver	Índices de evaluación de calidad de agua.	Determinación la calidad del agua mediante la cuantificación de las especies, para posteriormente desarrollar un cálculo de los índices
	Muestreo y análisis de agua de parámetros físico-químicos y microbiológicos en el Laboratorio	Resultados obtenidos del Laboratorio	Comparación de los resultados obtenidos utilizando el TULSMA Libro VI- Anexo I de la Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce.

Elaborado por: Mishell Pilaguano

6. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.

6.1. El agua

El agua es un elemento natural compuesto por enlaces covalentes que poseen dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, se considera que posee propiedades fundamentales para el sostenimiento y reproducción de la vida en los ecosistemas naturales. (A. Fernandez, 2012)

Los estados físicos del agua dependen de su temperatura y presión atmosférica, se dividen en tres: sólido, líquido y gaseoso. (Hernández, 2012)

El estado sólido se manifiesta cuando la temperatura desciende a 0 °C, se encuentra en casquetes polares, glaciares, superficies congeladas de lagos y lagunas, el estado líquido es el más abundante en la Naturaleza se encuentra en océanos, lagos, ríos y el estado gaseoso se muestra cuando la temperatura asciende a los 100°C y se revela en la evaporación que ocurre en el ciclo del agua. (Carbajal & González, 1991)

6.2. Contaminación del agua

Se produce con la descarga de aguas residuales de tipo industrial, agrícola, agropecuaria, minera conjuntamente con contaminantes provenientes de urbes poblacionales, que están dejando en estado deplorable a los cuerpos hídricos, alterando su calidad del agua. (Calvo, 2015)

La calidad del agua se ve alterada por varios factores principalmente la disposición final de residuos sólidos, el uso de pesticidas, plaguicidas que por escorrentía llegan al sistema fluvial. (SENAGUA, 2012)

Tras calificar la calidad de agua, con parámetros físicos, químicos y microbiológicos y estos sobrepase los límites máximos permisibles establecidos en la normativa legal vigente, pueden causar daño a largo plazo en la salud de las personas, así como alteraciones en los cuerpos hídricos.(Ministerio del Ambiente, 2016)

6.3. Tipos de contaminación de agua

6.3.1. Contaminación natural

Es aquella que se produce por la Naturaleza a través de actividad geofísica, equilibrio dinámico de la tierra, seres vivos, escorrentía y elementos en la corteza terrestre como Fe, Mg y Ca (García, 2002)

6.3.2. Contaminación artificial (antropogénica)

Es aquella que se produce por actividades humanas donde se introducen agentes contaminantes ajenos a su composición natural, lo que ocasiona alteraciones en su constitución y calidad de agua. (García, 2002)

6.3.2.1. Actividades urbanas

La contaminación de las aguas por actividades urbanas, son causadas principalmente por el mal manejo de los residuos sólidos y a su vez la descarga de aguas residuales tanto domesticas como sanitarias las cuales contienen altos contenidos de detergentes, aceites y coliformes fecales entre otros. (Ortega, 2015).

6.3.2.2. Actividades Agrícolas

La contaminación de las aguas por prácticas agrícolas se basa en el uso plaguicidas, fertilizantes, alpechín, purines para la producción de cultivo, que por acción de las escorrentías son arrastrados a las orillas de los ríos y causan daño al ecosistema fluvial. (Ortega, 2015)

6.3.2.3. Actividades Ganaderas

La contaminación de las aguas por actividades ganaderas es debido a la limpieza de las instalaciones que contienen compuestos orgánicos, purines, nitratos, arsénicos producto de los residuos que se generan, así como la producción de leche, que en el transcurso del tiempo puede provocar problemas como la salinidad en cuerpos hídricos. (Cabello & Ramírez, 2001)

6.3.2.4. Actividades Industriales.

La contaminación de las aguas por actividades industriales es a causa de descargas de aguas industriales sin tratamiento previo como materia orgánica en suspensión, metales

pesados, compuestos tóxicos, que represan un riesgo para los ecosistemas acuáticos, así como para los seres humanos. (Cabello & Ramírez, 2001)

6.4. Bioindicadores.

El concepto de bioindicadores se refiere a un conjunto de especímenes vivos que son escogidos por su sensibilidad y tolerancia para describir las condiciones en el medio en que habitan. (Muniz et al., 2013).

El uso de bioindicadores es supremamente eficiente al momento de valorar la calidad de agua de un ecosistema fluvial ya que al identificar y cuantificar los organismos existentes fundamentándose en sus índices de sensibilidad, tolerancia y diversidad podemos calificar el tipo de agua en la que habitan. (Vásquez, Castro, González, Perez, & Castro, 2006).

6.4.1. Macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos se denominan macro por su tamaño que varía de 0.5 milímetros a 30 centímetros, invertebrados por la ausencia de huesos en su cuerpo y acuáticos porque viven en el agua principalmente en ríos, lagos y lagunas. (Carrera & Fierro, 2001).

Las formas más comunes de macroinvertebrados son alargados, ovalados, redondeados y espiralados además la mayoría de especímenes poseen colores parecidos al lugar donde residen. Preferiblemente viven en la parte del río donde el agua sea más correntosa, así como en troncos caídos, hojas, incrustados en rocas, lodo. (Carrera & Fierro, 2001).

Su alimentación se basa en plantas acuáticas, algas, peces, pequeños animales en descomposición, sobras de alimentos y nutrientes del suelo, además existen otros macroinvertebrados como los caracoles, conchas, camarones de río y sanguijuelas. (Carrera & Fierro, 2001)

6.5. Macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua.

Se ha realizado muchos estudios empleando bioindicadores para definir la calidad de agua de distintos cuerpos hídricos siendo cada vez más valorado por su eficacia y abundancia de especies. Los macroinvertebrados son sedentarios en su mayoría, poseen ciclos de vida largos y son fáciles de recolectar además son perceptibles hacia cualquier cambio en su medio y este se verá reflejado en las comunidades que forman parte de él. (Pacheco & Toapanta, 2015)

Estos especímenes, al usarlos en un monitoreo, se evidencia cuales no requieren de contaminación en sus aguas para desarrollarse y subsistir estos son indicadores de aguas oligotróficas, al contrario otros macroinvertebrados son tolerantes y viven en la aguas contaminadas con poco oxígeno disuelto.(Carrera & Fierro, 2001)

Se ha clasificado a los macroinvertebrados por sus niveles de sensibilidad y tolerancia al tipo de aguas en las que habitan respecto a contaminación, siendo los valores 1-5 los más tolerantes y de 6-10 los más sensibles. (CIRA, 2012)

6.6. Parámetros a analizar.

6.6.1. Físicos.

6.6.1.1. Turbidez.

Según (Oviedo, 2015) La turbidez es la pérdida de transparencia de un líquido incoloro, por la presencia de partículas en suspensión, se la puede medir utilizando el turbidímetro, que consiste en medir la intensidad de luz que atraviesa el líquido. Se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU) (González, 2011)

6.6.1.2. Sólidos disueltos totales.

Es la cantidad de materia que esta disuelta en un líquido que puede ser sales, metales pesados. Su unidad es el miligramo por litro (mg/l) (INVEMAR, 2003).

6.6.1.3. Temperatura.

Es la cantidad de radiación solar que absorbe un superficie durante un tiempo (Inzunza et al., 2019). La solubilidad del agua es afectada por la temperatura así también como sus propiedades químicas y el comportamiento microbiológico. Su unidad es el grado centígrado (°C) (Uch, 2013)

6.6.1.4. pH.

Según (López, 2016) es una escala que determina la acidez de un líquido su valor fluctúa desde 0 hasta 14, siendo 7 el valor neutro. Se valor del utiliza un pH- metro para medir la acidez del líquido, se debe efectuar in situ. (Aznar, 2000)

6.6.2. Químicos.

6.6.2.1. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅).

DBO₅: Es la cantidad oxígeno que necesitan las bacterias para la degradación de la materia orgánica biodegradable en condiciones anaerobias. (Santambrosio, 2014)

6.6.2.2. Demanda química de oxígeno (DQO).

Es la cantidad de oxígeno que se necesita para la oxidación de materia orgánica de un líquido el cual puede ser un agente químico fuerte (H₂SO₄). (Harris, 2004)

6.6.2.3. Fosfatos (PO₄).

Es un mineral que usualmente está presente en afluentes de agua natural e industrial en forma de fosfatos, además se ha comprobado que mientras haya mayor cantidad de fosfato existente en un río aumenta desmedidamente el crecimiento de las plantas. (Baird, 2003)
En los desechos industriales se presenta una gran cantidad de fosfatos por la utilización de detergentes y fertilizantes. (Villamar, 2012)

6.6.2.4. Oxígeno disuelto (OD).

Es un elemento químico que es muy soluble en agua, es un factor determinante en caracterizar si un ambiente es aerobio o anaerobio, en ríos y lagunas mientras exista mayor cantidad de oxígeno mejor será el ambiente para los organismos vivos, ya que mejora sus procesos metabólicos para su crecimiento y reproducción (Peña, 2007)

6.6.2.5. Nitratos.

Son sales oxidadas cuyo resultado es el (NO₃), una de las fuentes de nitratos en los ríos es producida por actividades industriales y ganaderas por la ocupación de fertilizantes y compuestos nitrogenados que al oxidarse produce nitratos y estos son descargados al sistema fluvial. (Bolaños, Cordero, & Araya, 2017)

6.6.3. Microbiológico.

6.6.3.1. Coliformes fecales.

Son bacterias coloides que se encuentran generalmente en los intestinos de los mamíferos, su presencia en un cuerpo hídrico indica contaminación con heces fecales, las formas más usuales de contaminación son fauna silvestre, descarga de aguas residuales de una población y actividades ganaderas. (Bolaños et al., 2017)

6.7. Índice.

Es una herramienta que sirve para proporcionar e interpretar información de una manera más rápida con el uso de valores numéricos utilizando un rango, descripción. (Tápanes, Rodríguez, Zayas, Fernández, & López, 2010)

6.7.1. Índice calidad de agua.

Son modelos matemáticos y estadísticos para estimar la calidad de agua mediante el uso de parámetros físicos, químicos y microbiológicos. (Tápanes et al., 2010)

6.7.1.1. ICA NSF.

Este índice fue desarrollado en 1970 en la Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU (NSF). (SNET, 2016). Se emplea para medir la calidad de agua de un cuerpo hídrico en diferentes zonas utilizando la combinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos (Fernandez & Solano, 2005) para su cálculo se utiliza el factor de ponderación, comúnmente conocido como ecuación de tipo multiplicativo.

Su interpretación resulta en la agrupación de los elementos contaminantes más abundantes así ponderando cada uno de estos para aplicar los rangos de 0 hasta 100 , donde la calidad de agua se considera “Pobre” si muestra 0 y “Excelente” si muestra 100 (Tápanes et al., 2010)

El índice de calidad de agua propuesto por la NSF se fundamenta en:

$$ICA = \sum_{i=1}^{i=n} Q_i * w_i$$

Ecuación 1

Donde:

- w_i : es el factor de ponderación de la variable i respecto a las restantes variables que conforman el índice
- Q_i : es el factor de escala de la variable, depende de la magnitud de la variable y es independiente de las restantes
- i : representa el parámetro considerado

Parámetros a analizar:

1. Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
2. pH (en unidades de pH)
3. Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO5 en mg/ L)
4. Nitratos (NO3 en mg/L)
5. Fosfatos (PO4 en mg/L)
6. Cambio de la Temperatura (en °C)
7. Turbidez (en NTU)
8. Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
9. Oxígeno disuelto (OD en % saturación) (SNET, 2016)

Tabla 2. Pesos y unidades asignados a los parámetros que conforma el ICA NSF

PARÁMETROS	VALOR WI- NSF (1970)	UNIDADES
Oxígeno disuelto	0.17	mg/l
pH	0.11	un.pH
DBO5	0.11	mg/l
Nitratos	0.1	mg/l
Coliformes fecales	0.16	NMP/100 ml
Temperatura	0.1	°C
Turbiedad	0.08	UNT
Solidos disueltos totales	0.07	mg/l
Fosfatos	0.1	mg/l

Fuente: (Torres, Hernán, & Patiño, 2009)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Tabla 3. Escala de Clasificación ICA NSF

CALIDAD DEL AGUA	COLOR	VALOR DEL ICA
Excelente	AZUL	91-100
Buena	VERDE	71-90
Media	AMARILLO	51-70
Mala	NARANJA	26-50
Muy Mala	ROJO	0-25

Fuente: (Quiroz, Kulich, & Menéndez, 2017)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

6.7.2. Índices biológicos

6.7.2.1. Índice EPT

Este índice consta de tres grupos de macroinvertebrados (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) ya que son vulnerables y sensibles a la contaminación. (Carrera & Fierro, 2001)

Para el cálculo de los EPT se tomará como referencia la tabla del Anexo 8 donde se suma la abundancia de todas las familias presentes y se divide para los valores EPT obteniendo el porcentaje de calidad de agua. (Endara, 2012)

Ecuación para el índice EPT

$$IEPT = \left(\frac{NEPT}{N} \right) * 100$$

Ecuación 2

Donde:

- IEPT = índice EPT
- NEPT = Número total de individuos EPT en la muestra
- N = Número total de individuos en la muestra

Tabla 4. Sensibilidad de los macro invertebrado índice EPT

CLASE	CALIDAD DEL AGUA	ÍNDICE EPT%	COLOR
I	MUY BUENA	75-100	AZUL
II	BUENA	50-74	VERDE
III	REGULAR	25-49	NARANJA
IV	MALA	0-24	ROJO

Fuente: (Carrera & Fierro, 2001)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

6.7.2.2. Índice BMWP/COL

El Biological Monitoring Working Party es un método simple y rápido que establece la tolerancia de los macroinvertebrados a la contaminación orgánica (Roldán, 2003) Combina el número de taxones existentes con un valor que corresponde al de tolerancia/sensibilidad de las familias de macroinvertebrados Perlidae, Plecoptera, Oligoneuriidae Ephemeroptera, Tubificidae, Clitellata. (Rosero & Fossati, 2009)

Para su cálculo se atribuye valores de 1 a 10 de acuerdo a la clase de familia, asignándole valores inferiores a las más tolerantes Tubificidae, Clitellata y valores superiores a las más sensibles Perlidae, Plecoptera, Oligoneuriidae Ephemeroptera, la suma de estos valores nos dará como resultado el índice BMWP.(Rosero & Fossati, 2009)

$$\text{BMWP} = \text{T1} + \text{T2} + \text{T3} + \text{T4} \dots$$

Ecuación 3

Donde:

- T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, al final resultando una sumatoria de todas las familias indicando los niveles de calidad de agua

Tabla 5. Puntajes de familias de macroinvertebrados acuáticos del índice BMWP/Col
Adaptación para Colombia

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Artriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Chordodidae, Ghomphidae, Hydridae, Lamoyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Olineuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptoplebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lesidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Sthaphylinidae.	6
Belastomidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometidae, Noteridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hyrophilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae.	2
Tubificidae	1

Fuente: (Roldán, 2003)

Tabla 6. Calidad Biológica del Agua – Índice BMWP/Col.

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	COLOR	SIGNIFICADO
I	BUENA	>150, 101-120	AZUL	Aguas muy limpias a limpias.
II	ACEPTABLE	61-100	VERDE	Aguas ligeramente contaminadas.
III	DUDOSA	36-60	AMARILLO	Aguas moderadamente contaminadas.
IV	CRÍTICA	16-35	NARANJA	Aguas muy contaminadas.
V	MUY CRÍTICA	<15	ROJO	Aguas fuertemente contaminadas.

Fuente: (Roldán, 2003)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

6.7.2.3. Índice ABI (ANDEAN BIOLOGICAL PARTY)

El índice Andean Biological Party se emplea para los sistemas fluviales andinos que se encuentran a más de 2000 msnm. (Ríos, Acosta, & Prat, 2014), se basa en el índice BMWP proporcionando valores de sensibilidad y tolerancia de acuerdo a la altitud en la que se encuentran las familias de macroinvertebrados (Berbosa & Ulloa, 2018)

Para su cálculo se tomará como referencia la tabla del Anexo 11 donde se suma la abundancia de todas las familias, con valores de 1 al 10 de acuerdo a su nivel de tolerancia y sensibilidad a la contaminación.(Berbosa & Ulloa, 2018)

$$ABI = T1 + T2 + T3 + T4 \dots$$

Ecuación 4

Donde:

- T es el nivel de tolerancia y el número corresponde a la familia, al final resultando una sumatoria de todas las familias indicando los niveles de calidad de agua

Tabla 7. Puntuaciones del índice ABI de familias de macroinvertebrados acuáticos de los Andes tropicales mayores a los 2.000 msnm.

Grupos taxonómicos		Puntaje	Grupos taxonómicos		Puntaje
Turbellaria		5	Coleóptera	Ptilodactylidae	5
Hirudinea		3		Lampyridae	5
Oligochaeta		1		Psephenidae	5
Gasterópoda	Ancylidae	6		Scirtidae (Helodidae)	5
	Physidae	3		Staphylinidae	3
	Hydrobiidae	3		Elmidae	5
	Limnaeidae	3		Dryopidae	5
	Planorbidae	3		Gyrinidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3		Dytiscidae	3
Amphipoda	Hyaellidae	6		Hydrophilidae	3
Ostracoda		3	Hydraenidae	5	
Hydracarina		4	Díptera	Blepharoceridae	10
Ephemeroptera	Baetidae	4		Simuliidae	5
	Leptophlebiidae	10		Tabanidae	4
	Leptohyphidae	7		Tipulidae	5
	Oligoneuridae	10		Limoniidae	4
Odonata	Aeshnidae	6		Ceratopogonidae	4
	Gomphidae	8		Dixidae	4
	Libellulidae	6		Psychodidae	3
	Coenagrionidae	6		Dolichopodidae	4
	Calopterygidae	8		Stratiomyidae	4
	Polythoridae	10		Empididae	4
Trichoptera	Helicopsychidae	10		Chironomidae	2
	Calamoceratidae	10		Culicidae	2
	Odontoceridae	10		Muscidae	2
	Leptoceridae	8		Ephydriidae	2
	Polycentropodidae	8		Athericidae	10
	Hydroptilidae	6		Syrphidae	1
	Xiphocentronidae	8	Plecóptera	Perlidae	10
	Hydrobiosidae	8		Gripopterygidae	10
	Glossosomatidae	7	Heteróptera	Veliidae	5
	Hydropsychidae	5		Gerridae	5
Anomalopsychidae	10	Corixidae		5	
Philopotamidae	8	Notonectidae		5	
Limnephilidae	7	Belostomatidae		4	
Lepidoptera	Pyralidae	4		Naucoridae	5

Fuente: (Ríos-Touma et al., 2014).

Tabla 8. Puntaje para la determinación de la calidad del agua según el índice ABI

CLASE	CALIDAD DE AGUA	PUNTUACIÓN	COLOR	SIGNIFICADO
I	MUY BUENO	>96	AZUL	Aguas muy limpias a limpias.
II	BUENO	59 – 96	VERDE	Aguas ligeramente contaminadas
III	REGULAR	35 – 58	AMARILLO	Aguas moderadamente contaminadas.
IV	MALO	14 – 34	NARANJA	Aguas muy contaminadas, críticas
V	PÉSIMO	<14	ROJO	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: (Acosta et al., 2009; Roldán, 2003).

Elaborado: Mishell Pilaguano

6.7.3. Índice de diversidad

6.7.3.1. Índice de SHANNON-WEAVER

En 1949, se usa en ecología o ciencias similares el estudio de la biodiversidad específica (Pérez, 2003), este propone tres componentes riqueza de especies, abundancia y la equitatividad de las mismas una de las ventajas propuestas es identificar las especies presentes para poder distinguirlas unas de otras para realizar el recuento de individuos de cada una de ellas y su totalidad. (Segnini, 2003)

Por otra parte, existe una representación que se fundamenta con una selección al azar de todas las especies las cuales están representadas en dicha muestra. El índice de Shannon y Weaver adquiere valores a tomar en cuenta, como podemos ver en la Tabla 9.

Ecuación del índice Shannon- Weaver

$$H' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{n} \right) \log n \left(\frac{n_i}{n} \right) \quad \text{Ecuación 5}$$

Donde:

H' = índice de diversidad

n_i = número de individuos por especie

n = número total de individuos

$\log n$ = logaritmo natural (Roldán, 2003)

Tabla 9. Interpretación de los valores de diversidad del índice Shannon Weaver

RANGO	DIVERSIDAD
0.0-2.0	Baja diversidad
2.0-3.0	Mediana diversidad
3.0-4.5	Alta diversidad

Fuente: (Zamora, 1999)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Tabla 10. Clasificación de las aguas contaminadas de acuerdo a los índices de Shannon Weaver según Staub (1970).

ESQUEMA DE STAUB 1970	
H'	CALIDAD DE AGUA
3.0-4.5	Contaminación débil
2.0- 3.0	Contaminación ligera
1.0-2.0	Contaminación moderada
0.0-1.0	Contaminación severa

Fuente: (Segnini, 2003)

Elaborado por: Mishell Pilaguano

7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

7.1. Ubicación del sitio de estudio

El Río Jambelí nace en los Illinizas y es alimentado por las quebradas Hierba Buena, Quiguar y Pactohuaycu, atraviesa las parroquias el Chaupí y Aloasí desembocando en el cauce del Río San Pedro.

El Río Jambelí tiene una longitud aproximada de 20,2 km, con un ancho que varía desde los 0,60 m a los 3m, su pendiente aproximadamente es de 2% con una velocidad de 30 cm/s que aumenta gradualmente hasta 1,5 m/s aguas abajo. Uno de sus principales problemas es la descarga de contaminantes provenientes de la industria y actividades antropogénicas de la zona.

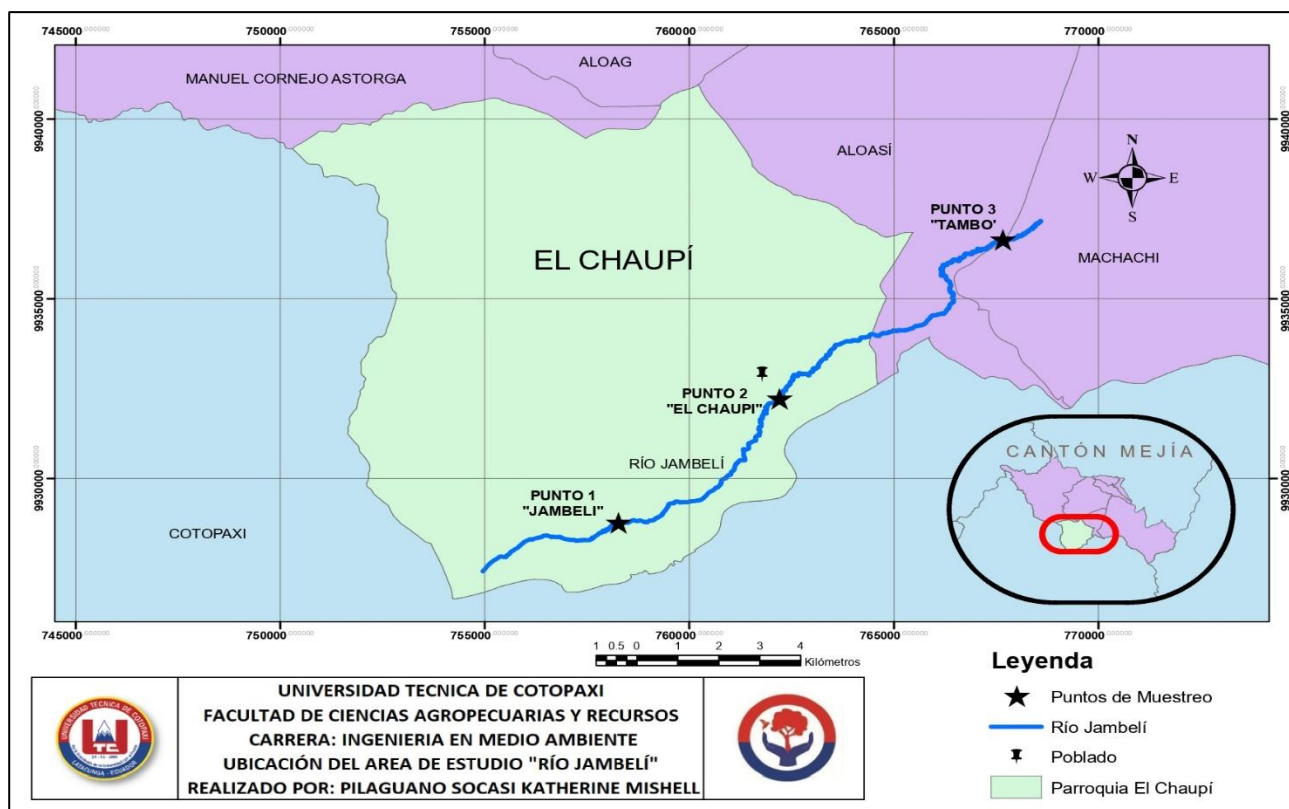
7.2. Fase de campo

7.2.1. Sitio de estudio

Se tomaron tres puntos estratégicos los cuales fueron georreferenciados para el estudio de macro invertebrados.

Se realizó el muestreo en un intervalo de 30 días, empezando en octubre y finalizando en enero, correspondientes a la época de invierno y verano. De igual forma se obtuvo las muestras de agua en los meses de noviembre y enero para el análisis físico-químico y microbiológico en el Laboratorio.

Figura 1. Imagen del sitio de estudio y los puntos de muestreo.



Fuente: (GAD MEJÍA, 2019)
 Elaborado por: Mishell Pilaguano

Tabla 11. Coordenadas del área de estudio

COORDENADAS			
PUNTO	X	Y	MSNM
1	759996	9929358	3425
2	762838	9932907	3329
3	767669	9936643	3196

Elaborado por: Mishell Pilaguano

7.3. Puntos de muestreo

Se determinó los puntos de muestreo por medio de mapas digitales de la zona donde se visualizó los lugares más representativos, para la toma de muestras.

7.3.1. Primer punto “Jambelí”

Se localiza a las afueras del Parque Nacional los Illinizas, en este punto de muestreo no se evidencia descargas directas o desechos en las riberas, pero se observó desechos fecales de ganado vacuno y animales de la zona.

7.3.2. Segundo punto “El Chaupí”

Se localiza aproximadamente a 2 km del centro poblado el Chaupí, al lado de un viaducto, se evidencio la descarga de aguas provenientes de actividades agrícolas y agropecuarias de la zona.

7.3.3. Tercer punto “Tambo”

Se localiza debajo del antiguo Puente del Río Jambelí, se evidencio la descarga de aguas sin tratamiento de zonas urbanas, industriales, agrícolas y agropecuarias.

7.4. Tipos de Investigación

7.4.1. Investigación bibliográfica

Se recopiló información bibliográfica (tesis, publicaciones, libros, normas) de estudios relacionados a la determinación de la calidad de agua mediante bioindicadores (macroinvertebrados) y los índices de la calidad de agua para alcanzar los objetivos planteados en el estudio.

7.4.2. Investigación de campo

Al inspeccionar el área de estudio se efectuó la georreferenciación de los puntos de muestreo en el área de estudio y se realizó la recolección de las muestras para determinar las diferentes especies de macroinvertebrados y la toma de muestras de agua del afluente.

7.4.3. Investigación descriptiva

Se aplicó para identificar y describir las principales características taxonómicas de los individuos y clasificarlos con ayuda de guías de estudio de macroinvertebrados acuáticos, en tablas de distribución que contienen información del sitio de muestreo como (coordenadas, fecha de colección, clima, temperatura) donde se distribuyó a los macroinvertebrados por orden, familia, género y número de especies por familia.

Además, se interpretó correctamente los resultados de las muestras de agua que se obtuvieron del Río Jambelí con la Normativa Legal Vigente.

7.4.4. Investigación explicativa

Este tipo de investigación se basó en el uso de los índices ICA NSF, ETP, BMWP, ABI, y Shannon-Weaver para obtener información que permitan una correlación entre los diferentes métodos, para determinar la calidad de agua de Río Jambelí.

7.5. Método

7.5.1. Método Inductivo

En la visita in situ a la zona de estudio se establecieron conclusiones generales a partir de datos específicos que se evidenciaron en el Río Jambelí.

Tras la captura de los especímenes empleando la red Surber se clasificó por su abundancia y sensibilidad al grado de tolerancia hacia la contaminación y mediante el uso de los índices propuestos y análisis de laboratorio se determinó la calidad de agua del cuerpo hídrico.

7.6. Técnicas

7.6.1. Observación

Se manejó la observación como técnica fundamental por la que se pudo identificar de manera más amplia los tres puntos de muestreo de la investigación, además ayudó a captar

los aspectos más significativos de los hechos del lugar y proporcionó información empírica.

7.6.2. Fichaje

Se utilizó para registrar, organizar y sintetizar la información recopilada en el estudio.

7.6.3. Muestreo

Recolección de las muestras para el análisis de los macroinvertebrados

7.6.3.1. Fase de Campo:

La visita in situ a los puntos de muestreo se realizó en los meses de Octubre, Noviembre y Enero tomando en cuenta dos épocas: invierno y verano.

Se registró datos en una libreta de campo referentes a: coordenadas geográficas, clima, temperatura, hora y descripción del cuerpo hídrico.

Se procedió a determinar un área de aproximadamente 20 a 40 metros en cada punto de muestreo y delimitarla con estacas.

Para la toma de muestras se utilizó la técnica de la Red Surber, consiste en adentrarse al río y colocarse preferiblemente en la parte central donde vamos a situar la boca de la malla frente a la corriente y asentar la base en el fondo, se realizó movimientos circulares con el fin de remover el sedimento y sustrato existente por aproximadamente un minuto.

7.6.3.2. Fase de Laboratorio

Las muestras recolectadas se separaron, en función de las características que presentaron a simple vista, agrupándose a los individuos similares entre sí, luego se realizó el conteo de cada grupo de individuos encontrados (abundancia).

Para una visualización más detallada de los macroinvertebrados, se utilizó el estéreo microscopio, colocando al individuo más representativo de cada grupo con una pinza entomológica por su abdomen, para posteriormente situarlo en una caja Petri, se pudo observar más minuciosamente las características físicas de cada espécimen.

Esto proporcionó información para la identificación y clasificación de cada grupo de individuos por orden, familia y género utilizando guías taxonómicas de macroinvertebrados de agua dulce.

7.6.4. Muestreo de agua (análisis físico-químico y microbiológico)

Se procedió a extraer una cantidad representativa de volumen de agua con el propósito de analizar parámetros: físico- químicos y microbiológicos que deberán ser tomados en recipientes, jarras o botellas de boca ancha ya sean de plástico o vidrio. Norma técnica ecuatoriana INEN 20169:98.

Se realizó una muestra compuesta que es aquella formada por dos o más muestras o submuestras, mezcladas en proporciones conocidas, que se toman continuamente, obteniendo un resultado promedio de una característica determinada.

7.6.4.1. Fase de campo:

La toma de muestras de agua se realizó los meses estipulados anteriormente.

Tabla 12. Parámetros de análisis

FÍSICOS	QUÍMICOS	MICROBIOLÓGICOS
<ul style="list-style-type: none"> • pH • Temperatura • Turbiedad 	<ul style="list-style-type: none"> • DBO5 • DQO • Fósforos totales • Nitratos • Oxígeno disuelto • Solidos totales 	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes fecales

Elaborado por: Mishell Pilaguano

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

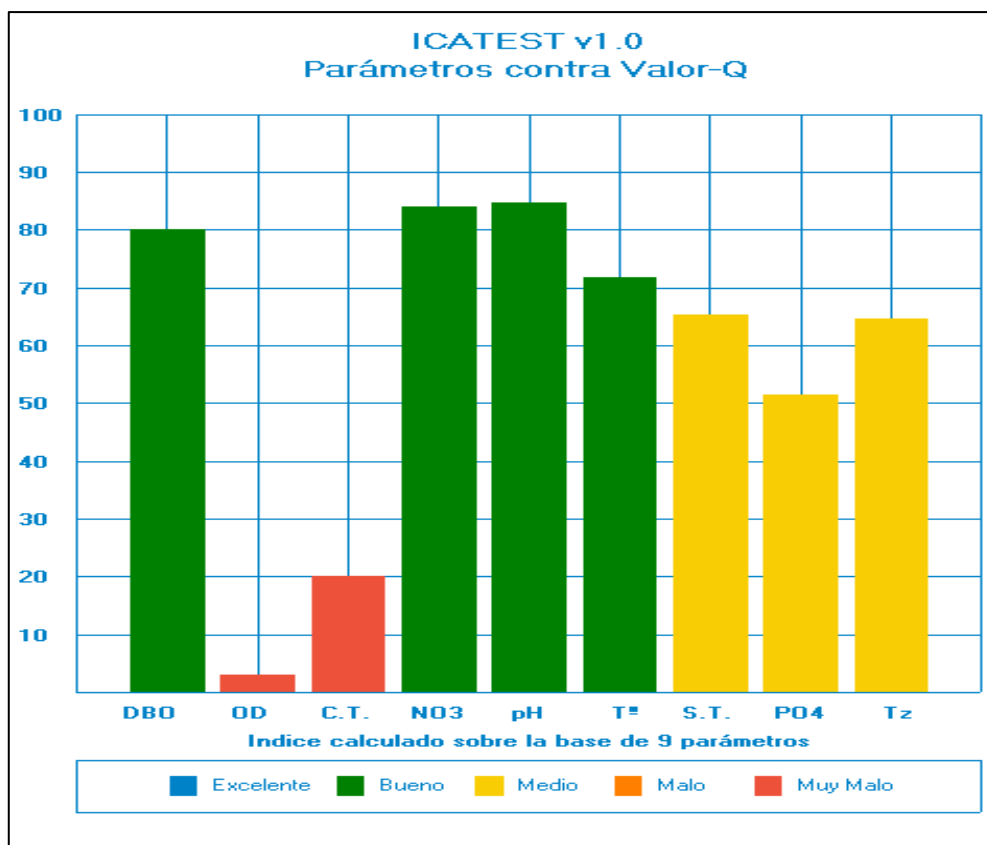
8.1. Análisis de Resultados

8.1.1. Análisis ICA – NSF – Noviembre

MUESTRA AGUA (1): RÍO JAMBELÍ PARROQUIA EL CHAUPÍ – NOVIEMBRE 2019.

Todos los parámetros están dentro de los límites máximos permisibles, sin embargo, se observó que, los parámetros de C.F y S.T son los que, se considera que están llegando a los máximos permisibles.

Figura 2. Análisis NFS – Noviembre – Valores Q.



Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores de: 2 mg/L (DBO), 2,1 mg/L (OD), 1500

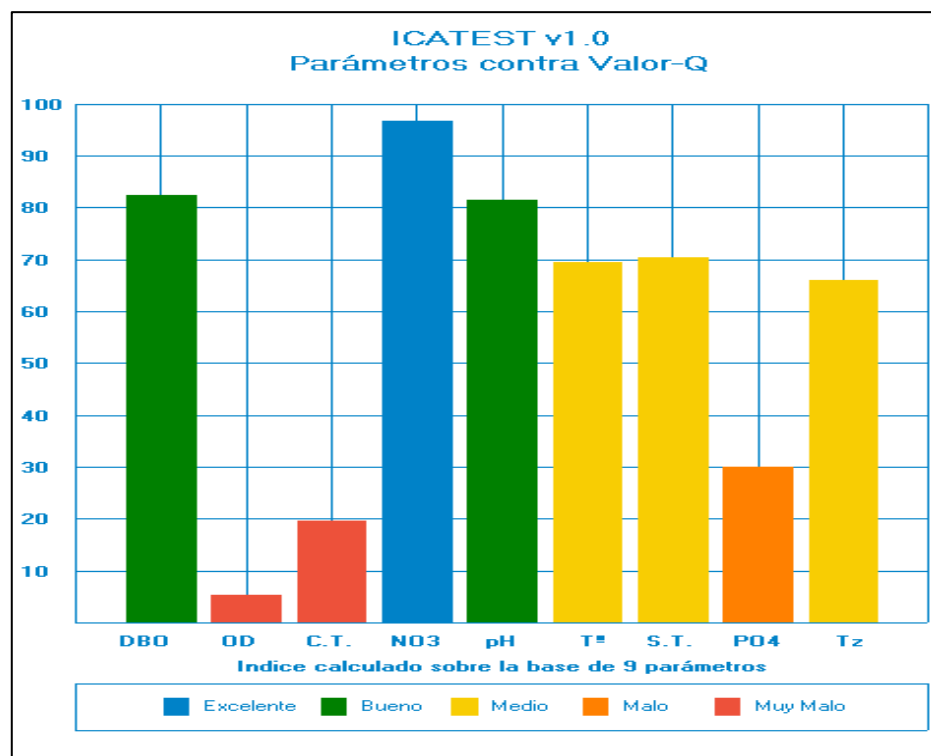
NMP/100mL (C.F), 3,3 mg/L (NO₃), 7,98 UpH (pH), 5,2 °C (T°), 256 mg/L (S.T), 0,67 mg/L (PO₄), 16,9 NTU (Tz) y de acuerdo al ICA Test – INSF tenemos que la calidad del agua del Río Jambelí tiene un valor del índice de 52,31 dando como resultado una calificación **MEDIA**, siendo cada uno de esta calificación y/o ponderación correspondiente a cada uno de los parámetros: DBO bueno, OD muy malo, C.F muy malo, NO₃ bueno, pH bueno, T° bueno, S.T medio, PO₄ medio, y Tz medio.

8.1.2. Análisis ICA – INSF – Enero

MUESTRA AGUA (2): RÍO JAMBELÍ PARROQUIA EL CHAUPÍ – ENERO 2020

Todos los parámetros están dentro de los límites máximos permisibles, sin embargo, se observó que, los parámetros de C.F y S.T son los que, se considera que están llegando a los máximos permisibles.

Figura 3. Análisis NFS – Enero – Valores Q.



Fuente: ICATEST v1.0

Interpretación de resultados: Los resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados, se obtuvo los siguientes valores de: 1.88 mg/L (DBO), 6,84 mg/L (OD), 1600 NMP/100mL (C.F), 0,36 mg/L (NO₃), 8,07 UpH (pH), 5,6 °C (T°), 216 mg/L (S.T), 1,599 mg/L (PO₄), 15,80 NTU (Tz) y de acuerdo al ICA Test – INSF tenemos que la calidad del agua del Río Jambelí tiene un valor del índice de 51,91 dando como resultado una calificación **MEDIA**, siendo cada uno de esta calificación y/o ponderación correspondiente a cada uno de los parámetros: DBO bueno, OD muy malo, C.F muy malo, NO₃ excelente, pH bueno, T° medio, S.T medio, PO₄ malo, y Tz medio.

8.2. Análisis de macro invertebrados índice EPT

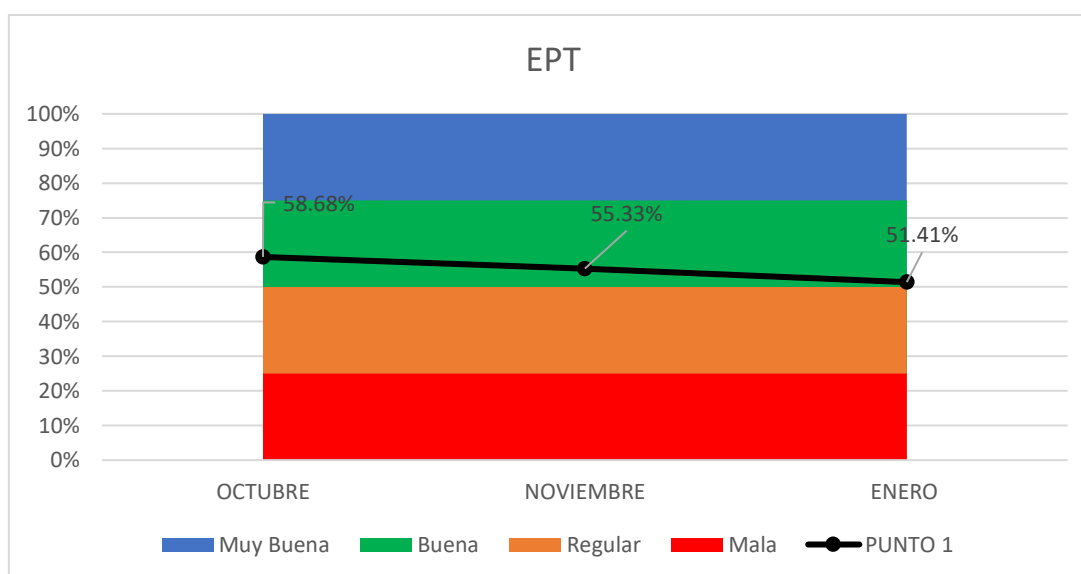
8.2.1. Primer Punto: Jambelí.

Tabla 13. Valores de calidad de agua según el índice EPT

PRIMER PUNTO DE MUESTREO EPT			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
EPT	58,68%	55,33%	51,41%
CLASE	II	II	II
CALIDAD	Buena	Buena	Buena

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 4. Calidad del agua mediante el EPT en el primer punto de muestreo.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 14 se muestran un rango de similitud en los tres meses, en el primer punto de muestreo, octubre se obtiene un valor de 58,68% noviembre 55,33% y enero 51,41%

por lo tanto se ubican en clase II mostrando una calidad de agua **BUENA** correspondiente al color verde.

En Octubre se identificó un total de 121 especies de los cuales 3 familias pertenecen al grupo ETP, siendo la Baetidae la más representativa con 56 especímenes seguida de la Hydrobiosidae con 9 y Leptoceridae con 6.

En Noviembre se registró un total de 150 especies de las cuales, 65 especímenes pertenecen a la familia Baetidae, 12 a la familia Leptoceridae y 6 a la familia Hydrobiosidae.

En Enero se identificó un total de 142 especies de los cuales, 58 pertenecen a la familia Baetidae, 8 a la familia Leptoceridae y 7 a la familia Hydrobiosidae.

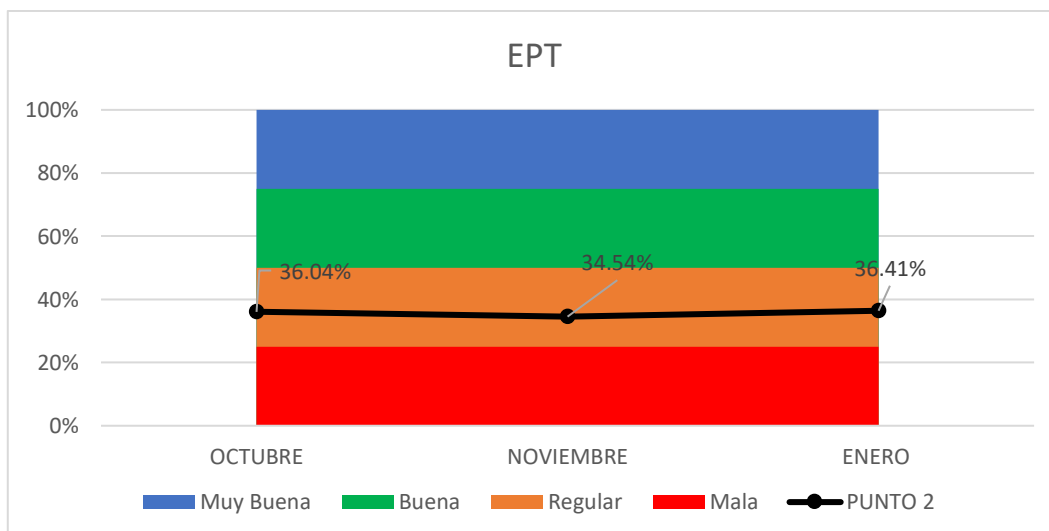
8.2.2. Segundo Punto: El Chaupí.

Tabla 14. Valores de calidad de agua según el índice EPT

SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO EPT			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
EPT	36,04%	34,54%	36,41%
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Regular	Regular	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 5. Calidad del agua mediante el EPT en el segundo punto de muestreo.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N. ° 15 se muestran un rango de similitud en los tres meses, en el segundo punto de muestreo, octubre obtiene un valor de 36,04% noviembre 34,54% y enero

36,41%, ubicándose en clase III mostrando una calidad de agua **REGULAR** correspondiente al color naranja.

En Octubre se identificó un total de 197 especies de los cuales 2 familias pertenecen al grupo ETP, siendo la Baetidae la más representativa con 66 especímenes seguido de la Hydrobiosidae con 5.

En Noviembre se registró un total de 194 especies de las cuales, 61 especímenes pertenecen a la familia Baetidae y 6 a la familia Hydrobiosidae.

En Enero se identificó un total de 206 especies de los cuales, 70 pertenecen a la familia Baetidae y 5 a la familia Hydrobiosidae.

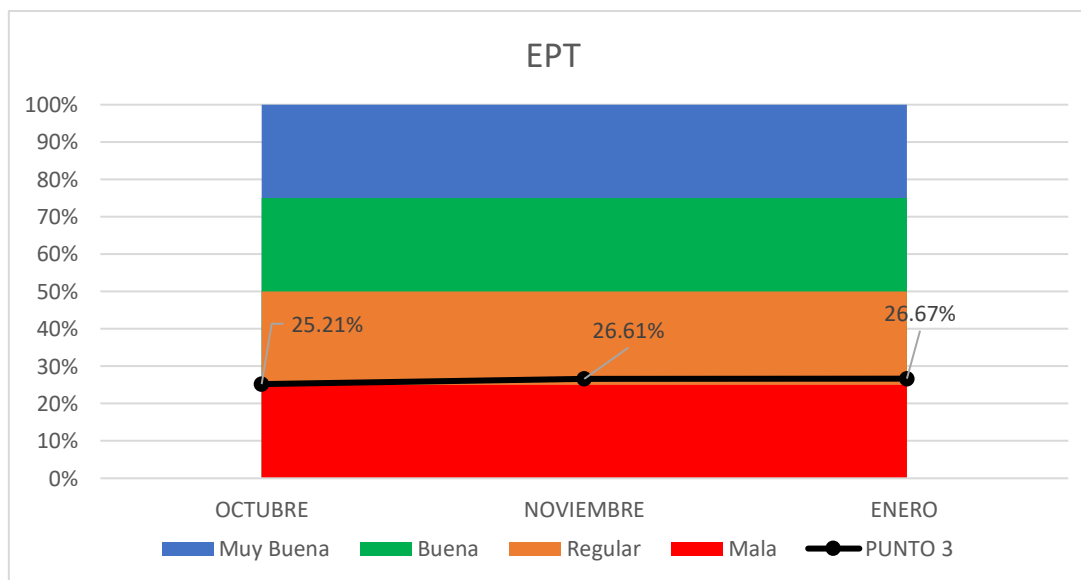
8.2.3. Tercer Punto: Tambo.

Tabla 15. Valores de calidad de agua según el índice EPT.

TERCER PUNTO DE MUESTREO EPT			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
EPT	25,21%	26,61%	26,67%
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Regular	Regular	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 6. Calidad del agua mediante el EPT en el tercer punto de muestreo.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 16 se muestran un rango de similitud en los tres meses, en el tercer punto de muestreo donde octubre obtiene un valor de 25,21% noviembre 26,61% y enero 26,67% ubicándose en clase III mostrando una calidad de agua **REGULAR** correspondiente al color naranja bordeando una calidad de agua mala.

En Octubre se identificó un total de 119 especies, donde se identificó 1 familia que pertenece al grupo ETP, presentando la familia Baetidae 30 especímenes.

En Noviembre se registró un total de 124 especies de las cuales, 33 especímenes pertenecen a la familia Baetidae.

En Enero se identificó un total de 135 especies de los cuales, 36 pertenecen a la familia Baetidae.

En los anexos 8, 9,10 se muestran las tablas de calificaciones de calidad de agua por los tres puntos de muestreo en los meses de Octubre, Noviembre y Enero, los mismos con los que se determinaron el índice EPT.

8.3. Análisis de macro invertebrados índice BMWP/Col.

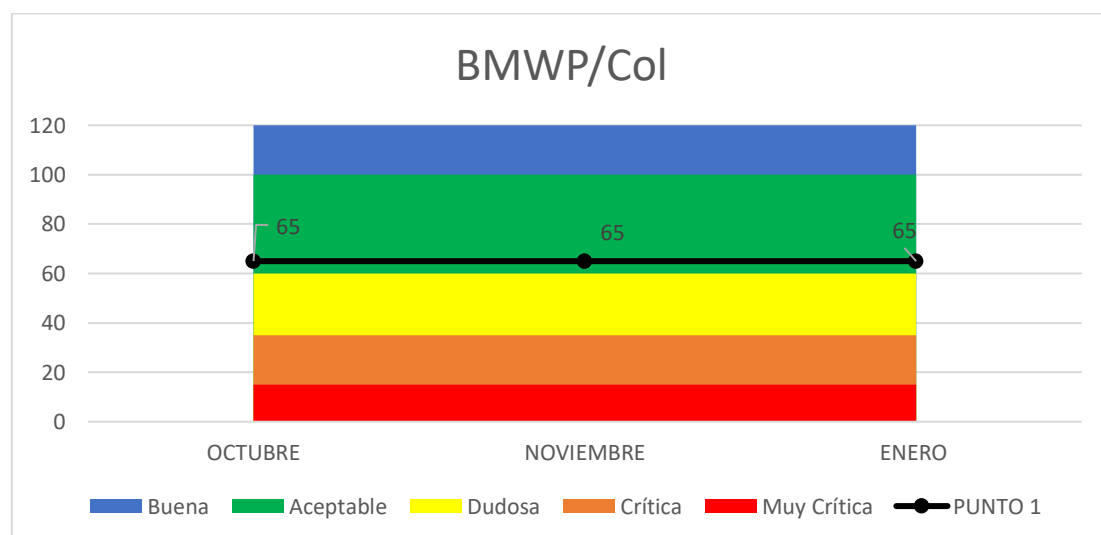
8.3.1. Primer Punto: Jambelí.

Tabla 16. Valores de calidad de agua según el índice BMWP/Col.

PRIMER PUNTO DE MUESTREO BMWP/Col			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
BMWP/Col	65	65	65
CLASE	II	II	II
CALIDAD	Aceptable	Aceptable	Aceptable

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 7. Calidad del agua mediante el BMWP/Col en el primer punto de muestreo.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 17 en los meses de octubre a enero se obtuvo el valor de 65 en el primer punto, ubicándose en clase II, con una calidad de agua **ACEPTABLE** lo que significa que las aguas se encuentran ligeramente contaminadas.

El índice BMWP, en el mes de Octubre contabilizó 121 especies, Noviembre 150 y Enero 142. En donde se identificaron 8 familias sensibles con un valor de 10 de la familia Blepharoceridae, 9 de la familia Hydrobiosidae, 8 de las familias Leptoceridae, Simuliidae 7 de las familias Baetidae, Hyalellidae y Scirtidae, 6 de la familia Elmidae seguidas de 1 familia tolerante a la contaminación con un valor de 3 Glossiphoniidae.

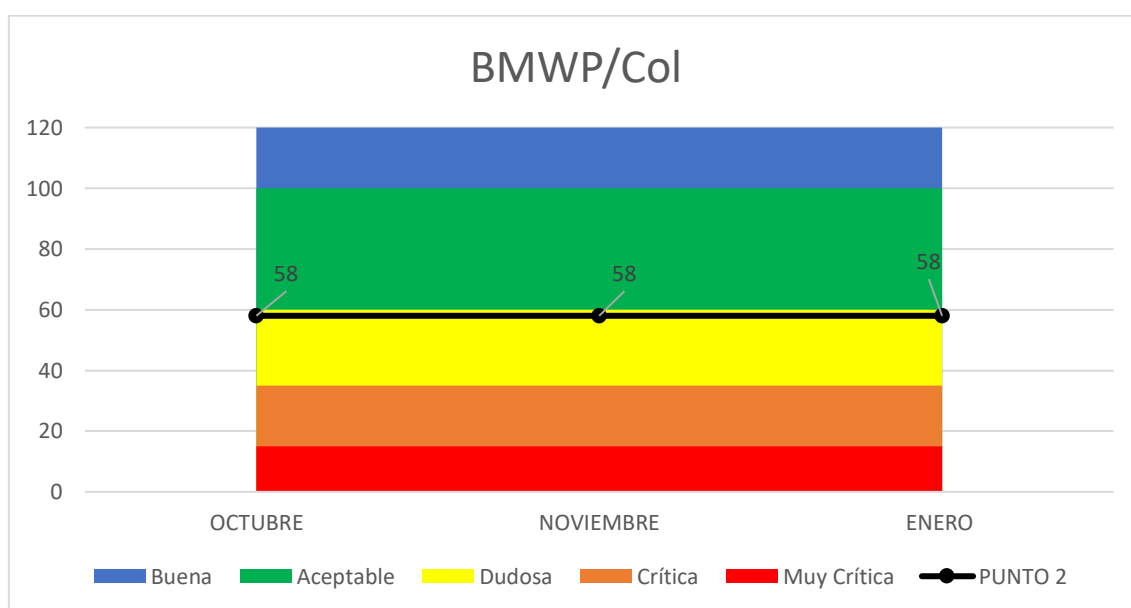
8.3.2. Segundo Punto: El Chaupí.

Tabla 17. Valores de calidad de agua según el índice BMWP/Col.

SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO BMWP/Col			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
BMWP/Col	58	58	58
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Dudosa	Dudosa	Dudosa

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 8. Calidad del agua mediante el BMWP/Col en el segundo punto de muestreo.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 18 en los meses de octubre a enero se obtuvo el valor de 58 en el segundo punto ubicándose en clase III, con una calidad de agua **DUDOSA** lo que significa que las aguas se encuentran moderadamente contaminadas.

El índice BMWP, en el mes de Octubre contabilizo 197 especies, Noviembre 194 y Enero 206. En donde se identificaron 6 familias sensibles con un valor de 10 de la familia Blepharoceridae, 9 de la familia Hydrobiosidae, 8 de la familia Simuliidae, 7 de las familias Baetidae, Hyalellidae y Scirtidae seguidas de 3 familias tolerantes a la contaminación con un valor de 4 de la familia Dolichopodidae y 3 de las familias Physidae y Tipulidae.

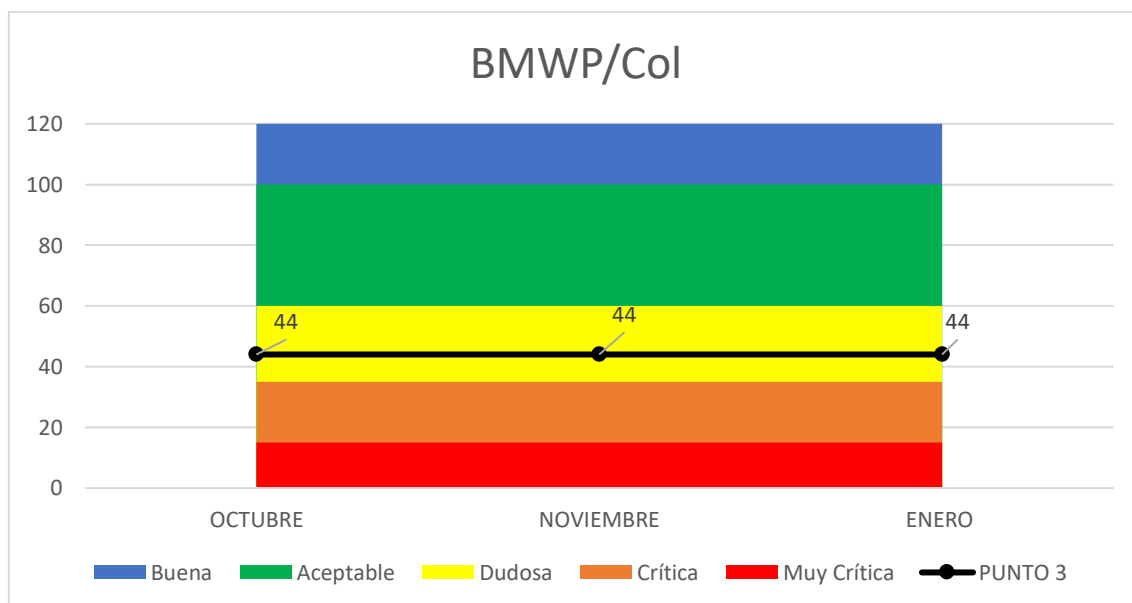
8.3.3. Tercer Punto: Tambo.

Tabla 18. Valores de calidad de agua según el índice BMWP/Col

TERCER PUNTO DE MUESTREO BMWP/Col			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
BMWP/Col	44	44	44
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Dudosa	Dudosa	Dudosa

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 9. Calidad del agua mediante el BMWP/Col en el tercer punto de muestreo.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 19 en los meses de octubre a enero se obtuvo el valor de 44 en el tercer punto ubicándose en clase III, con una calidad de agua **DUDOSA** lo que significa que las aguas se encuentran moderadamente contaminadas.

El índice BMWP, en el mes de Octubre contabilizó 119 especies, Noviembre 124 y Enero 135. En donde se identificaron 4 familias sensibles con un valor de 10 de la familia Blepharoceridae, 8 de la familia Simuliidae, 7 de las familias Baetidae y Hyalellidae, seguidas de 3 familias tolerantes con un valor de 3 Glossiphoniidae, Tipulidae y Physidae.

En los anexos 11, 12, 13, se muestran los valores de tolerancia/sensibilidad establecido a las familias, en los tres puntos de muestreo de los meses de Octubre hasta Enero con los que se determinaron el índice BMWP.

8.4. Análisis de macro invertebrados índice ABI

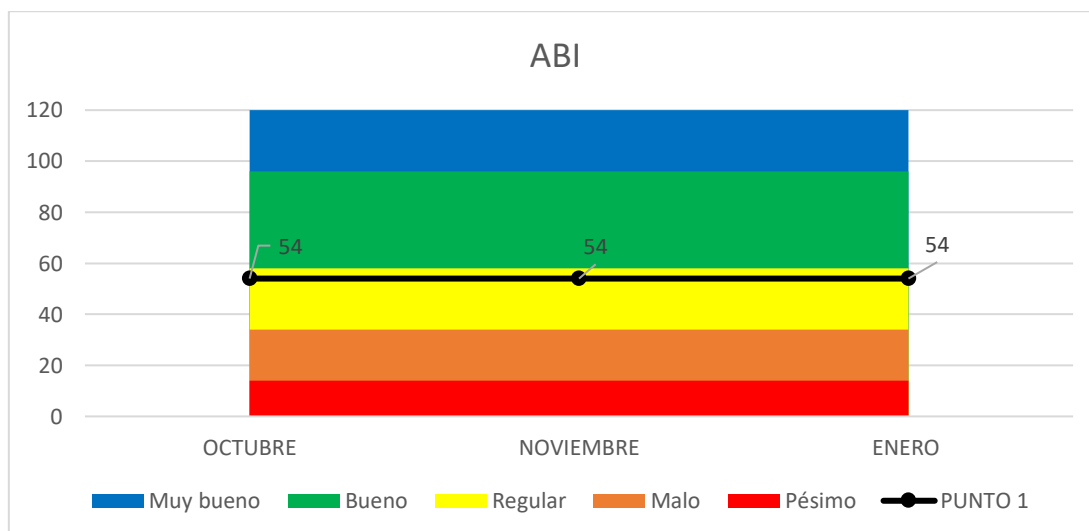
8.4.1. Primer Punto: Jambelí.

Tabla 19. Valores de calidad de agua según el índice ABI

	PRIMER PUNTO DE MUESTREO ABI		
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
ABI	54	54	54
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Regular	Regular	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 10. Calidad del agua mediante el ABI en el primer punto de muestreo



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 20 en los meses de octubre a enero se obtuvo el valor de 54 en el primer punto ubicándose en clase III, con una calidad de agua **REGULAR** lo que significa que las aguas son moderadamente contaminadas.

El índice ABI se determinó en el mes de Octubre con 121 especies, Noviembre con 150 y Enero con 142. En donde se identificaron 4 familias sensibles con un valor de 10 de la familia Blepharoceridae, 8 de la familia Hydrobiosidae, Leptoceridae, 6 de la familia Hyalellidae seguidas de 5 familias tolerantes a la contaminación con un valor de 5 de las familias Elmidae, Simuliidae, Scirtidae, 4 de la familia Baetidae y 3 de la familia Glossiphoniidae

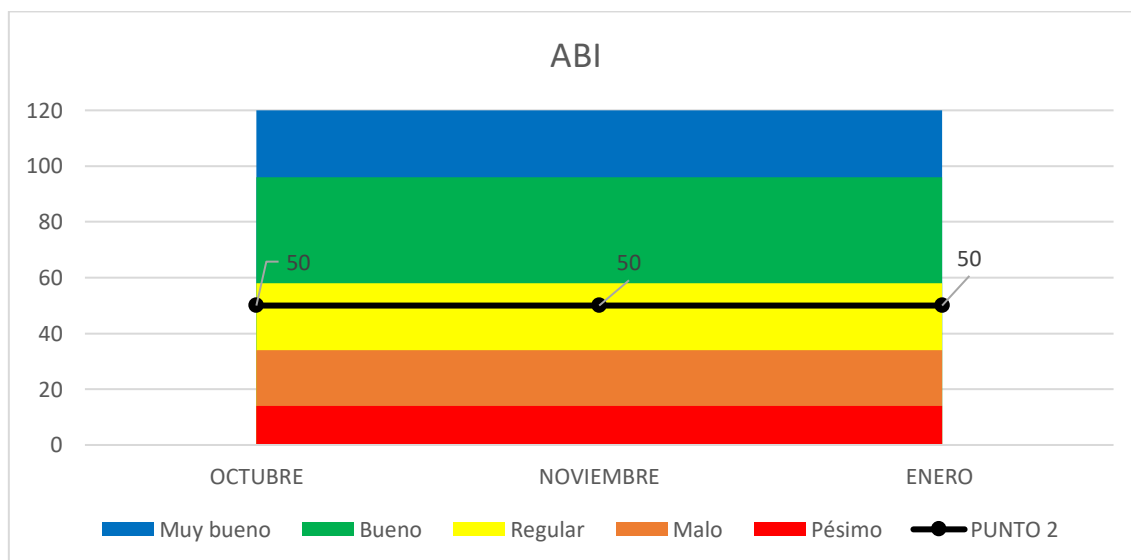
8.4.2. Segundo Punto: El Chaupí.

Tabla 20. Valores de calidad de agua según el índice ABI

SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO ABI			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
ABI	50	50	50
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Regular	Regular	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 11. Calidad del agua mediante el ABI en el segundo punto de muestreo



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 21 en los meses de Octubre a Enero se obtuvo el valor de 50 en el segundo punto correspondiente a clase III, con una calidad de agua **REGULAR** lo que significa que las aguas son moderadamente contaminadas.

El índice ABI se determinó en el mes de Octubre con 197 especies, Noviembre con 194 y Enero con 206. En donde se identificaron 3 familias sensibles con un valor de 10 de la familia Blepharoceridae, 8 de la familia Hydrobiosidae, 6 de la familia Hyalellidae seguidas de 6 familias tolerantes a la contaminación con un valor de 5 como Simuliidae, Scirtidae, Tipulidae, 4 de las familias Baetidae, Dolichopodidae y 3 de la familia Physidae.

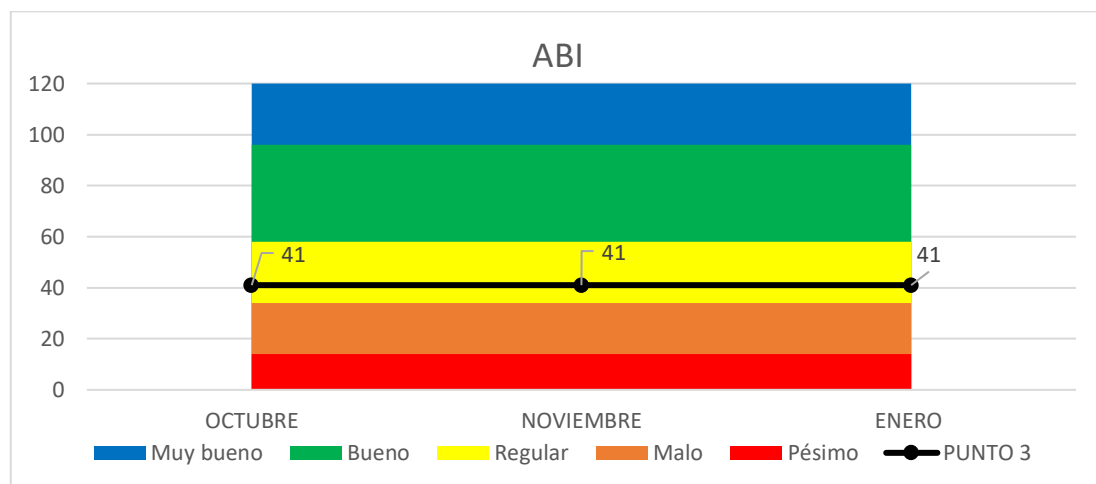
8.4.3. Tercer Punto: Tambo.

Tabla 21. Valores de calidad de agua según el índice ABI

TERCER PUNTO DE MUESTREO ABI			
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
ABI	41	41	41
CLASE	III	III	III
CALIDAD	Regular	Regular	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 12. Calidad del agua mediante el ABI en el tercer punto de muestreo



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N. ° 22 en los meses de octubre a enero se obtuvo el valor de 41 en el tercer punto correspondiente a clase III, con una calidad de agua **REGULAR** lo que significa que las aguas son moderadamente contaminadas.

El índice ABI se determinó en el mes de Octubre con 119 especies, Noviembre con 124 y Enero con 135. En donde se identificaron 2 familias sensibles con un valor de 10 de la familia Blepharoceridae, 6 de la familia Hyalellidae seguidas de 5 familias tolerantes

a la contaminación con un valor de 5 de las familias Simuliidae, Tipulidae, 4 de la familia Baetidae, y 3 de la familias Glossiphoniidae y Physidae.

En los anexos 11, 12, 13, se muestran los valores de tolerancia/sensibilidad establecido a las familias, en los tres puntos de muestreo de los meses de Octubre hasta Enero con los que se determinaron el índice ABI.

8.5. Análisis de macro invertebrados índice Shannon-Weaver

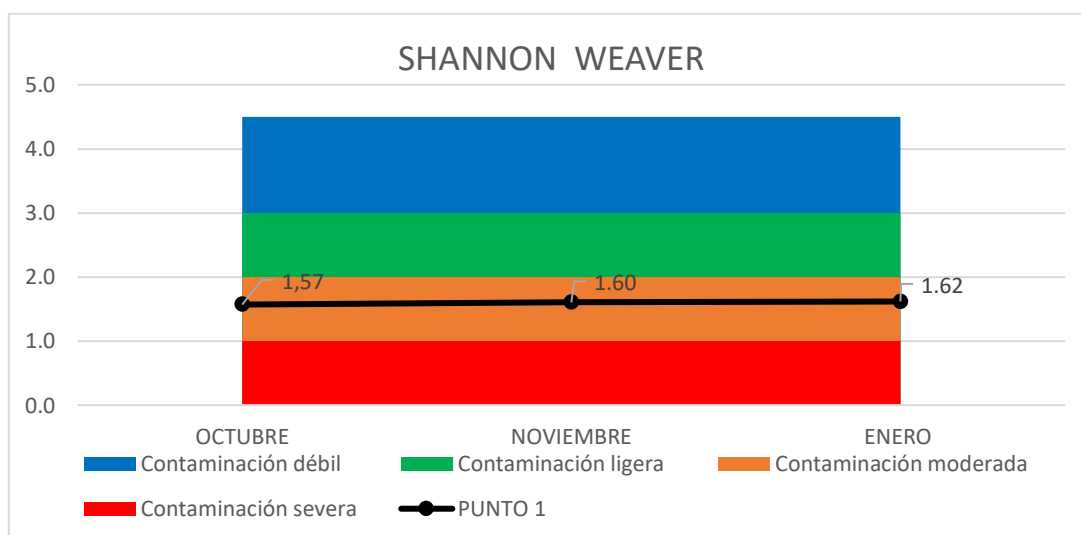
8.5.1. Primer Punto: Jambelí.

Tabla 22. Diversidad de especies del índice Shannon Weaver

ORDEN	FAMILIA	OCTUBRE	IS	NOVIEMBRE	IS	ENERO	IS
Amphipoda	Hyaellidae	30	1,57	40	1,60	43	1,62
Coleoptera	Elmidae	2		2		3	
Coleoptera	Scirtidae	10		12		11	
Diptera	Simuliidae	2		2		3	
Diptera	Blepharoceridae	3		7		4	
Ephemeroptera	Baetidae	56		65		58	
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	3		4		5	
Trichoptera	Hydrobiosidae	9		6		7	
Trichoptera	Leptoceridae	6		12		8	
	TOTAL	121		150		142	

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 13. Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver comparado con el esquema de Staub 1970 en el primer punto



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 23 en el primer punto de muestreo del mes de Octubre, se obtuvo un índice de diversidad de 1.57 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación moderada.

Se registro un total de 121 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Baetidae seguida de la familia Hyalellidae, y la familia de especies que se encontraron en menos cantidad es la Elmidae y Simuliidae.

En Noviembre, se obtuvo un índice de diversidad de 1.60 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación moderada.

Se registro un total de 150 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Baetidae seguida de la familia Hyalellidae, y la familia de especies que se encontraron en menos cantidad es la Elmidae, Simuliidae y Glossiphoniidae.

En Enero, se obtuvo un índice de diversidad de 1.62 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación moderada.

Se registro un total de 142 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Baetidae seguida de la familia Hyalellidae, y la familia de especies que se encontraron en menos cantidad es la Elmidae, Blepharoceridae.

En los anexos 14, 15, 16, se muestran el número de especies encontradas del primer punto de muestreo de los meses de Octubre hasta Enero con los que se determinaron el índice Shannon- Weaver.

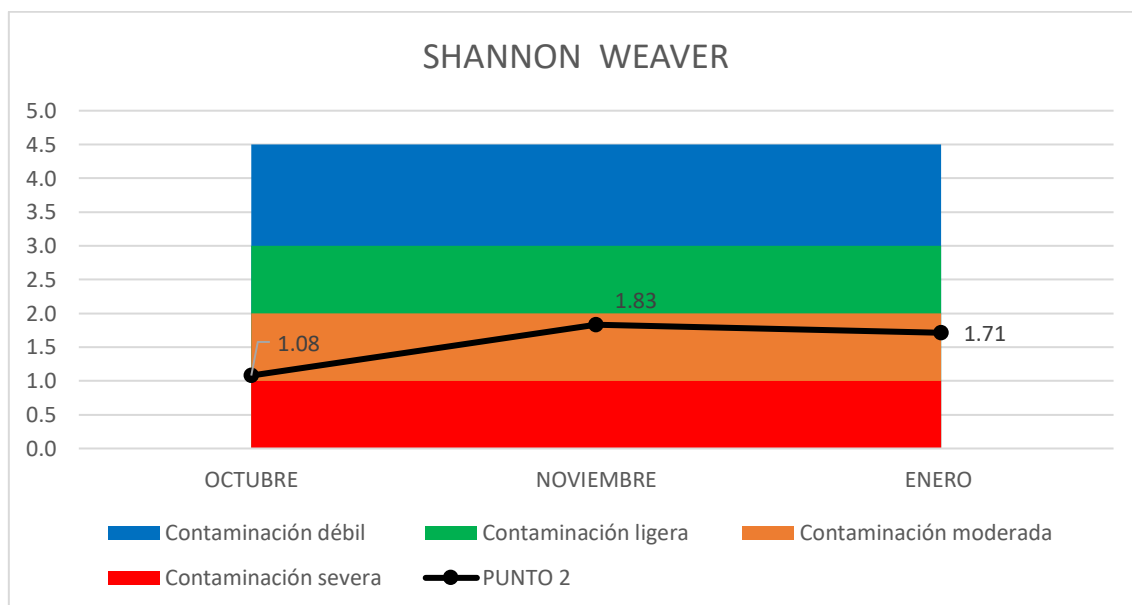
8.5.2. Segundo Punto: El Chaupí

Tabla 23. Diversidad de especies del índice de Shannon Weaver en el segundo punto.

ORDEN	FAMILIA	OCTUBRE	IS	NOVIEMBRE	IS	ENERO	IS
Amphipoda	Hyalellidae	30	1,08	45	1,83	52	1,71
Basommatophora	Physidae.	17		20		20	
Coleoptera	Scirtidae	22		12		12	
Diptera	Blepharoceridae	41		30		32	
Diptera	Simuliidae	12		12		12	
Diptera	Tipulidae	4		6		3	
Diptera	Dolichopodidae	0		2		0	
Ephemeroptera	Baetidae	66		61		70	
Trichoptera	Hydrobiosidae	5		6		5	
	TOTAL	197		194		206	

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 14. Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver comparado con el esquema de Staub 1970 en el segundo punto.



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N. ° 24 en el segundo punto de muestreo del mes de Octubre, se obtuvo un índice de diversidad de 1.080 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación moderada.

Se registro un total de 197 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Baetidae seguida de la familia Blepharoceridae, y las familias de especies que se encontraron en menos cantidad son las Dolichopodidae y Tipulidae.

En Noviembre, se obtuvo un índice de diversidad de 1.832 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación moderada.

Se registro un total de 194 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Baetidae seguida de la familia Hyalellidae, y las familias de especies que se encontraron en menos cantidad es la Hydrobiosidae y Dolichopodidae

En Enero, se obtuvo un índice de diversidad de 1.713 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación Moderada

Se registro un total de 206 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Baetidae seguida de la Hyalellidae y las familias de especies que se encontraron en menos cantidad es la Dolichopodidae y Tipulidae

En los anexos 17, 18, 19, se muestran el número de especies encontradas del segundo punto de muestreo de los meses de octubre hasta enero con los que se determinaron el índice Shannon- Weaver.

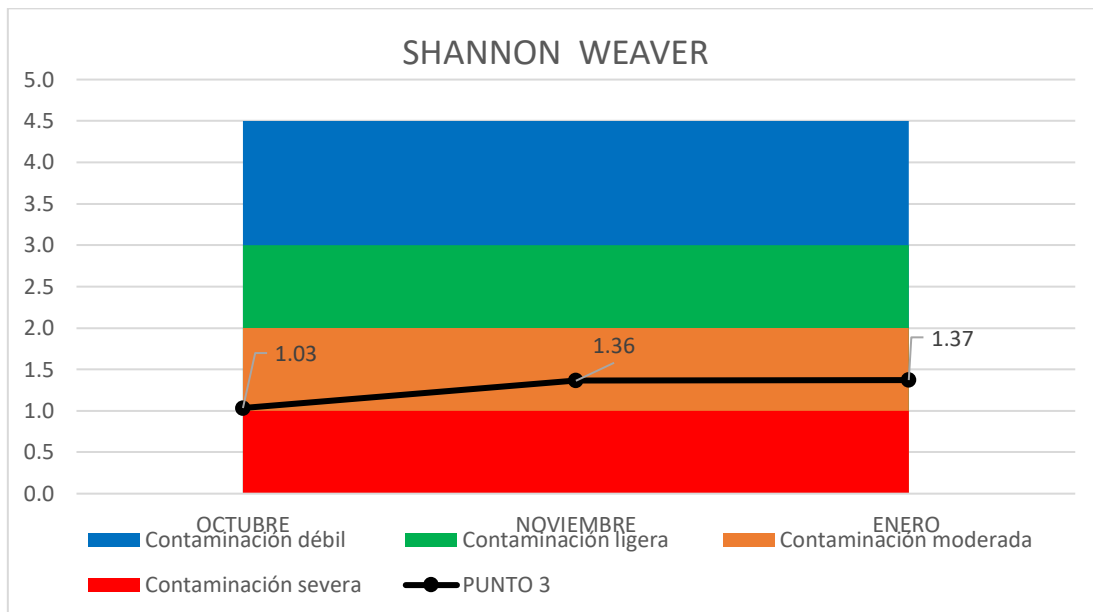
8.5.3. Tercer Punto: Tambo.

Tabla 24. Diversidad de especies del índice de Shannon Weaver en el tercer punto

ORDEN	FAMILIA	OCTUBRE	IS	NOVIEMBRE	IS	ENERO	IS
Amphipoda	Hyalellidae	6	1,03	3	1,36	2	1,37
Basommatophora	Physidae.	52		62		68	
Diptera	Tipulidae	5		1		3	
Diptera	Blepharoceridae	3		2		3	
Diptera	Simuliidae	3		2		3	
Diptera	Tipulidae	7		6		4	
Ephemeroptera	Baetidae	30		33		36	
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	13		15		16	
	TOTAL	119		124		135	

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 15. Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver comparado con el esquema de Staub 1970 en el tercer punto



Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 25 en el tercer punto de muestreo del mes de Octubre se obtuvo un índice de diversidad de 1.034 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación Moderada

Se registro un total de 119 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Physidae seguida de la familia Baetidae, y las familias de especies que se encontraron en menos cantidad son las Simullidae y Blepharoceridae.

En Noviembre, se obtuvo un índice de diversidad de 1.363 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación Moderada

Se registro un total de 124 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Physidae seguida de la familia Baetidae, y la familia de especies que se encontraron en menos cantidad es la Simullidae y Blepharoceridae.

En Enero, se obtuvo un índice de diversidad de 1.371 correspondiente a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación Moderada

Se registro un total de 135 individuos de abundancia donde la familia más representativa dentro de las especies encontradas es la Physidae seguida de la familia Baetidae y las familias de especies que se encontraron en menos cantidad es la Tipulidae y Blepharoceridae

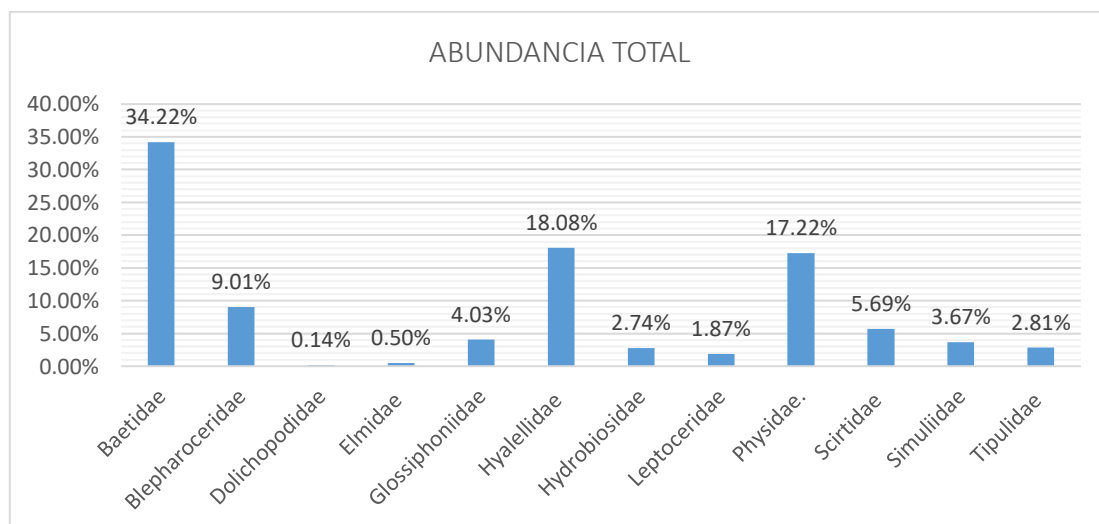
En los anexos 20, 21, 22, se muestran el número de especies encontradas del tercer punto de muestreo de los meses de Octubre hasta Enero con los que se determinaron el índice Shannon- Weaver.

Tabla 25. Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados

Familia	Porcentaje
Baetidae	34,22%
Blepharoceridae	9,01%
Dolichopodidae	0,14%
Elmidae	0,50%
Glossiphoniidae	4,03%
Hyaellidae	18,08%
Hydrobiosidae	2,74%
Leptoceridae	1,87%
Physidae.	17,22%
Scirtidae	5,69%
Simuliidae	3,67%
Tipulidae	2,81%

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 16. Abundancia total de las familias de macroinvertebrados

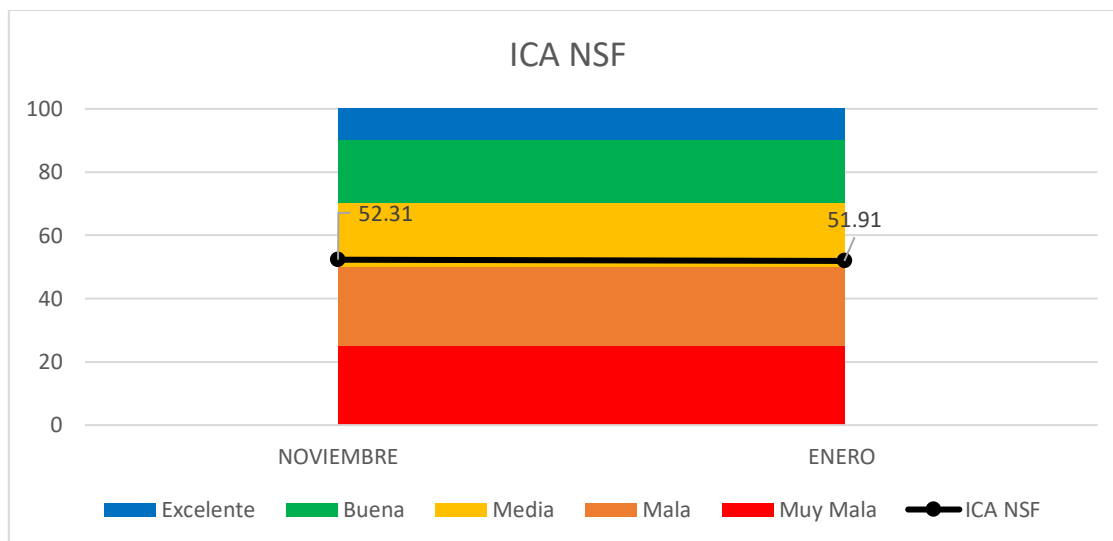


Elaborado por: Mishell Pilaguano

Tabla 26. Resultados del índice ICA NSF

	NOVIEMBRE	ENERO	PROMEDIO
ICA NSF	52,31	51,91	52,11
	III	III	III
	Media	Media	Media

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Figura 17. Calidad de agua promedio del índice ICA NSF.

Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N.º 27 durante el muestreo de agua realizado en el mes de noviembre se obtuvo un valor de 52,31 y enero un valor de 51,91 con el uso del índice ICA NSF se determinó que la calidad del agua para los dos meses es **MEDIA** correspondiente a una clase III.

Tabla 27. Resumen de resultados de los índices ETP, BMWP/Col, ABI Y SHANNON WEAVER.

ÍNDICES	PUNTO 1			PUNTO 2			PUNTO 3		
	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO	OCTUBRE	NOVIEMBRE	ENERO
EPT	58,68%	55,33%	51,41%	36,04%	34,54%	36,41%	25,21%	26,61%	26,67%
	II	II	II	III	III	III	III	III	III
	Buena	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
BMWP/Col	65	65	65	58	58	58	44	44	44
	II	II	II	III	III	III	III	III	III
	Aceptable	Aceptable	Aceptable	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Dudosa	Dudosa
ABI	54	54	54	50	50	50	41	41	41
	III	III	III	III	III	III	III	III	III
	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
SHANNON WEAVER	1,570	1,603	1,617	1,080	1,832	1,713	1,034	1,363	1,371
	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad	Baja diversidad
	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada	Contaminación moderada

Elaborado por: Mishell Pilaguano

En la tabla N. ° 28 el índice EPT en los meses de Octubre a Enero en el primer punto de muestreo “Jambelí” reflejo una calidad de agua **BUENA** debido a la ausencia de actividades antropogénicas y desechos acumulados en las riberas, en el segundo punto de muestreo “El Chaupí” y el tercer punto de muestreo “Tambo” se evidencio una calidad de agua **REGULAR**, a causa de la presencia de descargas de aguas provenientes de actividades agrícolas y agropecuarias.

El índice BMWP/Col en los meses de Octubre a Enero en el primer punto de muestreo “Jambelí” reflejo una calidad de agua **ACEPTABLE** debido a la ausencia de actividades antropogénicas y desechos acumulados en las riberas, en el segundo punto de muestreo “El Chaupí” y el tercer punto de muestreo “Tambo” se evidencio una calidad de agua **DUDOSA**, a causa de la presencia de descargas de aguas provenientes de actividades urbanas, agrícolas y agropecuarias.

En el índice ABI en los meses de Octubre, a Enero en el primer, segundo y tercer punto reflejo una calidad de agua **REGULAR**, debido que este índice está adaptado para ríos alto andinos teniendo una aplicación a una altura sobre los 2.000 msnm y los puntajes de sensibilidad y tolerancia que se asignan a cada familia son distintos.

En Shannon Weaver en los meses de Octubre a Enero en el primer segundo y tercer punto de muestreo muestran valores desde 1.08 hasta 1.83 correspondientes a una **BAJA DIVERSIDAD** que tras la comparación con el esquema generado por Staub en 1970, muestra una calidad de agua con Contaminación Moderada.

9. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

¿La utilización de los índices de calidad de agua ICA NFS, EPT, BMWP, ABI y Shannon-Weaver por bioindicadores (macroinvertebrados) determinó la calidad del agua del Río Jambelí?

Se determinó la calidad de agua del Río Jambelí mediante la aplicación de estos índices, donde el ICA NSF obtuvo un valor promedio de 52,11 que determinó que la calidad de del agua del Río Jambelí es **MEDIA** correspondiente a una clase III. El índice EPT mostro un valor promedio de 39% con una calidad de agua **REGULAR**, correspondiente a una

clase III, BMWP/Col y ABI mostraron valores promedios de 56 y 48 con una calidad de agua **REGULAR**, con clase III perteneciente a aguas moderadamente contaminadas y de igual forma Shannon Weaver arrojó un promedio 1,465 demostrando **BAJA DIVERSIDAD** y contaminación moderada según el esquema de Staub 1970.

10. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

AMBIENTAL

- Las perturbaciones de actividades de origen antropogénico como las descargas de aguas urbanas, agrícolas y agropecuarias sin medida, causan el deterioro de la calidad de agua del sistema hídrico. Mediante los resultados se pretende tener un aporte ambiental para la supervivencia y diversidad de organismos vivos, la estructura de sus comunidades y su ciclo de vida

SOCIAL

- Se pretende tener un aporte social a la población de la parroquia para que adquieran conciencia ambiental y preservar el recurso hídrico. La falta de interés por el estado ecológico del sistema fluvial pueden causar daños a la salud de las personas al utilizar esta agua para otro fin, que no sea de riego de cultivos.

ECONÓMICO

- Se pretende tener un aporte económico al usar a los macroinvertebrados acuáticos como un método fiable y económico para determinar la calidad de agua de cuerpos hídricos.

11. PRESUPUESTO

Tabla 28. Presupuesto de la investigación.

Actividad	Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Total
Toma de muestras de macroinvertebrados	Frascos esterilizados	27	\$ 0.30	\$ 8.10
	Alcohol industrial al 70%	4	\$ 5.00	\$ 20.00
	Guantes quirúrgicos	30	\$ 0.45	\$ 13.50
	Lupa	2	\$ 3.50	\$ 7.00
	Pinzas	2	\$ 2.00	\$ 4.00
Toma de muestras de agua para su respectivo análisis en el laboratorio.	Envases esterilizados para muestras 100ml y 1000ml	18	\$ 2.50	\$ 45.00
	Sellos y etiquetas	18	\$ 0.35	\$ 6.30
	Mascarillas	6	\$ 0.40	\$ 2.40
	Análisis físico, químico y microbiológico del agua	2	\$ 300.00	\$ 600.00
Identificación de los especímenes en el Laboratorio	Cajas petri	13	\$ 2.50	\$ 32.50
Materiales de investigación	Resma de papel Bond A4	3	\$ 3.50	\$ 10.50
	Libreta de campo	2	\$ 2.00	\$ 4.00
	Computadora	100	\$ 0.60	\$ 60.00
	Impresiones	150	\$ 0.10	\$ 15.00
	Empastados	1	\$ 75.00	\$ 75.00
	Cd	5	\$ 2.00	\$ 10.00
	Copias	150	\$ 0.10	\$ 15.00
	Anillados	150	\$ 0.10	\$ 15.00
Transporte		16	\$ 4.00	\$ 64.00
Alimentación		18	\$ 3.75	\$ 67.50
SUBTOTAL				\$ 1,074.80
12% IVA				\$ 128.98
TOTAL				\$ 1,203.78

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12.1. Conclusiones

- Mediante el cálculo del índice ICA NSF se determinó la calidad de agua del Río Jambelí es MEDIA, con un valor promedio de 52,11 caracterizada con aguas poco contaminadas. Considerando dichas categorías, el río es apto para la vida de organismos acuáticos que sean resistentes a la contaminación moderada, además mediante un proceso previo de tratamiento se puede utilizar para riego de cultivos.
- Los valores promedio de los índices EPT con 39%, BMWP/Col con un valor de 56, ABI con un valor de 48 corresponden a una clase III con calidad de agua REGULAR o MODERADAMENTE CONTAMINADA. El índice de Shannon-Weaver con unos valores que fluctúan desde 1,08 hasta 1,83 muestran una baja diversidad, con una contaminación moderada.
- En el periodo de investigación se encontraron un total de 1388 individuos clasificados en 7 órdenes, 12 familias y 13 géneros. La familia más abundante es Baetidae con un 34,22%, la Hyalellidae 18,08%, estas familias habitan en aguas moderadamente contaminadas y la Physidae con 17,22%, esta familia habita en aguas con elevada materia orgánica. Otras familias como Glossiphoniidae (4,03%) que toleran bajos niveles de oxígeno, y son consideradas indicadores de aguas eutrofizadas.
- Los parámetros físico-químicos, evidencia la moderada contaminación del cuerpo hídrico, en consecuencia, de las actividades desarrolladas en la zona sumada a una deficiente gestión sanitaria en la parroquia el Chaupí. Las zonas con uso de suelo residencial, agrícola e industrial por las que atraviesa el Río Jambelí se encuentran en un estado moderado de contaminación, evidenciado por las medias concentraciones de (DQO) demanda química de oxígeno, (T°) temperatura, (S.T) sólidos totales, (Tz) turbidez y nutrientes.

12.2. Recomendaciones

- Cultivar vegetación autóctona de la zona, en las riberas del sistema fluvial con el fin de reducir la contaminación proveniente de la escorrentía superficial por actividades agropecuarias y agrícolas.
- Realizar campañas de concientización ambiental a los moradores, acerca de la contaminación, preservación y control de este cuerpo hídrico.
- Promover el estudio de macroinvertebrados en cuerpos hídricos para determinar la calidad del agua como un método fiable y económico.
- Preservar el estado ecológico del punto con poca presencia de actividad antropogénica, hacer un llamado de atención a las autoridades municipales al monitoreo y la regularización de las descargas directas en las áreas de mayor densidad poblacional.

13. REFERENCIAS

- Aznar, A. (2000). Determinación de los parámetros físico- químicos de calidad de las aguas. *Paper, I*, 1–12.
- Baird, C. (2003). Determinación de fosfatos en aguas por espectrofotometría. *Paper, I*, 1–9.
- Barrera, M., & Monroy, B. (2015). Evaluación de la calidad del agua en la quebrada la esmeralda (bojacá, cundimarca) por medio de macro-invertebrados acuáticos. In *paper*.
- Berbosa, F., & Ulloa, C. (2018). Utilización de índices evaluadores de la calidad del agua, basados en bioindicadores, en Ecuador. *Paper, 15*, 6–22.
- Bolaños, J., Cordero, G., & Araya, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre , en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Paper, 30*, 2–13. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>
- Cabello, C., & Ramírez, E. (2001). Contaminación de las aguas por nitratos y efectos

- sobre la salud. In C. De Salud (Ed.), *Book* (pp. 1–87). Anadalucía.
- Calvo, F. (2015). Contaminación del agua. *Paper*, *IV*, 1–86.
- Carbajal, Á., & González, M. (1991). Propiedades y funciones biológicas del agua. *Paper*, *4*(1–2), 46–49.
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). Macroinvertebrados acuáticos. In *Libro* (Ecociencia, Vol. 2, p. 57). <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2008.02.002>
- Carvajal, E. (2017). Análisis integral de la calidad de agua del río ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos, complementadas con variables físico-químicas, para la generación de propuestas de gestión.
- CIRA. (2012). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el Rio Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua. *Paper*, *6*(9), 38–46.
- Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Paper*, *3*(2), 33. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v3n2.3>
- Fernandez, A. (2012). El agua: un recurso esencial. In *Paper*. Retrieved from <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/08/El-agua-un-recurso-esencial.pdf>
- Fernandez, M., & Vásquez, Y. (2006). Origen de los nitratos (NO₃) y nitritos (NO₂) y su influencia en la potabilidad de las aguas subterráneas. *paper*, *22*, 2–10.
- Fernandez, & Solano. (2005). Índices de calidad (ICAS) y de contaminación (ICOS) del agua de importancia mundial. in *Paper*.
- Garcia, R. (2002). La contaminación del agua. In *Paper*. Retrieved from <http://www1.ceit.es/asignaturas/ecologia/Hipertexto/00General/indicegral.html>
- González, C. (2011). Monitoreo de la calidad del agua La turbidez. *Paper*, 1–11.
- Harris, D. (2004). Determinación de materia orgánica en aguas : demanda química de oxígeno. *Paper*, *1*, 1–4.
- Hernández, E. (2012). Estados físicos del agua. *Paper*, 1–5.
- INVEMAR. (2003). Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos. *Paper*, 1–148.
- Inzunza, J., Uxía, B., Pérez, L., Fandiño, P., Barrio, J., Rubén, B., ... Castro, R. P. (2019). Radiación solar y terrestre. *Paper*, 83. Retrieved from <http://teleformacion.edu.aytolacoruna.es/FISICA/document/fisicainteractiva/Calor/index.htm>
- López, E. (2016). Control de calidad en aguas para consumo humano en la región

- occidental de Costa Rica. *Paper*, 29, 3–14. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i3.2884>
- Ministerio del Ambiente. (2016). Aprende a prevenir los efectos del mercurio- Agua y alimento. *Paper*, 3, 44. Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-Módulo-3.pdf>
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Paper*, 1, 1–83.
- Muniz, P., Lana, P., Venturini, N., Elias, R., Vallarino, E., Bremec, C., ... Sandrini, L. (2013). Un manual de protocolos para evaluar la contaminación marina por efluentes domésticos. In *libro* (pp. 1–130).
- OMS. (2003). Guías para la calida del agua potable. *Paper*, 1(3), 1–398.
- Ortega, L. (2015). La hidrósfera: contaminación. *Paper*, 1–13. Retrieved from http://roble.pntic.mec.es/lorg0006/dept_biologia/archivos_texto/ctma_t5_hidrosfera_contaminacion.pdf
- Oviedo, A. (2015). Macroinvertebrados y su importancia como bioindicadores de la calidad del agua en el río san pedro (universidad tecnológica equinoccial). Retrieved from http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4701/1/59937_1.pdf
- Pacheco, G., & Toapanta, M. (2015). Diseño de medidas de mitigación mediante la determinación de la calidad de agua utilizando bioindicadores del río cunuyacu, cantón latacunga, provincia de cotopaxi, periodo 2014-2015. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Peña, E. (2007). Calidad de agua- trabajo de investigación oxígeno disuelto (od). In *paper*.
- Quiroz, L., Kulich, E., & Menéndez, C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo. *Paper*, XXXVIII(3), 41–51.
- Ríos, B., Acosta, R., & Prat, N. (2014). El índice biótico andino (ABI): tolerancia revisada a los valores de contaminación para familias de macroinvertebrados y evaluación del rendimiento del índice. *Paper*, 62(April), 249–273. <https://doi.org/10.15517/rbt.v62i0.15791>
- Roldán, A. G. (2003). Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2004.02.024>
- Roldán Pérez, G. (1989). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. In *Libro* (pp. 1–218). Universidad de Antioquia.

- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Paper*, 40(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Romero, N., & Zuñiga, K. (2017). Evaluación De La Calidad Ecológica Del Río Ushimana Utilizando Comunidades De Macroinvertebrados Como Bioindicadores De La Calidad Del Agua.
- Rosero, D., & Fossati, O. (2009). Comparación entre dos índices bióticos para conocer la calidad del agua en ríos del páramo de Papallacta. *Paper*, 1–21.
- Santambrosio, E. (2014). Demanda Bioquímica de Oxígeno. In *Paper*.
- Segnini, S. (2003). El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Paper*, (May).
- SENAGUA. (2012). Diagnóstico de la estadística del agua en Ecuador. *Paper*.
- SNET. (2016). Índice De Calidad Del Agua General “ICA.” *Paper*, 1(503), 14.
- Tápanes, J., Rodríguez, R., Zayas, D., Fernández, V., & López, D. (2010). Parametrización oceanográfica en índices de calidad del agua. *Paper*, 2(1992), 8. Retrieved from <http://www.oceandocs.org/handle/1834/3590>
- Torres, P., Hernán, C., & Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. In *paper* (vol. 8). <https://doi.org/10.1039/9781788012669-00386>
- Uch. (2013). ANÁLISIS DE AGUAS. *Paper*, 1–13.
- Vásquez, G., Castro, G., González, I., Perez, R., & Castro, T. (2006). Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua. *Paper*, 41–47.
- Vergara, D. (2009). Entomofauna lítica bioindicadora de la calidad del agua. In *Paper* (Vol. 88).
- Villamar, J. (2012). Calidad del Agua: Fosfatos Totales. In *Paper*.
- Villejas, A. (2019). Estudio de la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados en un tramo de la microcuenca del Río Blanco en el ecosistema páramo ubicado en la parroquia el sucre, Cantón Patate, provincia de Tungurahua. In *tesis*. Riobamba- Ecuador.
- Zamora, H. (1999). Calidad Biológica de Aguas. In *Paper*



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del Resumen del Proyecto de Investigación al Idioma Inglés presentado por la señorita estudiante: **KATHERINE MISHELL PILAGUANO SOCASI**, DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020”**, lo realizó 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 la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estime conveniente.

Latacunga, febrero del 2020

Atentamente,


Msc. Ahson Mena Barthelotty
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0501801252



14. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de Vida del tutor del Proyecto de Investigación.

CURRÍCULUM VITAE

1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Cristian Javier Lozano Hernández
 FECHA DE NACIMIENTO: 23 de marzo de 1984
 CEDULA DE CIUDADANÍA: 0603609314
 ESTADO CIVIL: Soltero
 NUMEROS TELÉFONICOS: 0992850220 / 032916553
 DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Latacunga, Av. Unidad Nacional y Márquez de Maenza - Sector el Niagara.
 E-MAIL: cristian.lozano@utc.edu.ec / cristian_84lh@hotmail.com



2.- ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: Escuela Fiscal Mixta “Joaquín Chiriboga”
 NIVEL SECUNDARIO: “Colegio Nacional Velasco Ibarra”
 NIVEL SUPERIOR: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
 NIVEL SUPERIOR: Universidad de Cuenca

3.- TÍTULOS

PREGRADO: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
 POSTGRADO: Magister en Toxicología Ambiental e Industrial

4.- EXPERIENCIA LABORAL

INSTITUCIÓN	ACTIVIDAD
Universidad Técnica de Cotopaxi, 2014 – 2015 Docente Universitario	Docente de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente.
Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Baños de Agua Santa. 2013 - 2014	Jefe del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado.
Centro de Servicios y Transferencia Tecnológica Ambiental (CESTTA) 2010 – 2011.	Analista y Técnico del Área de Aguas y Suelos.

5.- CARGOS DESEMPEÑADOS

- Analista y Técnico del Área de Aguas y Suelos del Laboratorio y Centro de Servicios y Transferencia Tecnológica Ambiental (LAB-CESTTA-ESPOCH) Riobamba.
- Jefe del Departamento de Agua Potable y Alcantarillado del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Baños de Agua Santa (Tungurahua).
- Docente Universitario de la Carrera de Ingeniería de Medio Ambiente de la Universidad Técnica de Cotopaxi. (Latacunga).

Anexo 2. Hoja de Vida del proponente del proyecto de investigación.

CURRÍCULUM VITAE



a) DATOS PERSONALES

NOMBRES: Katherine Mishell
APELLIDOS: Pilaguano Socasi
CÉDULA DE IDENTIDAD: 172630752-1
FECHA DE NACIMIENTO: 17 de febrero de 1997
EDAD: 22 años
ESTADO CIVIL: Soltera
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Tambillo- Barrio La Florida- Panamericana sur km 25, lote 320.
N° TELÉFONO: (02) 2317-735
N° CELULAR: 0963136195
CORREO ELECTRÓNICO: mishupilaguano@hotmail.com
TIPO DE SANGRE: O+

b) ESTUDIOS REALIZADOS

INSTRUCCIÓN PRIMARIA

UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL “QUITUMBE”.
QUITO – ECUADOR

INSTRUCCIÓN SECUNDARIA

UNIDAD EDUCATIVA MUNICIPAL “QUITUMBE”.
QUITO – ECUADOR

INSTRUCCIÓN SUPERIOR

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

LATACUNGA – ECUADOR

c) **TÍTULOS OBTENIDOS**

- TÍTULO DE BACHILLER: EN CIENCIAS
- EGRESADA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI (AGOSTO 2019)

d) **IDIOMAS**

Suficiencia en el Idioma inglés en el año 2017 en la Universidad Técnica de Cotopaxi - Sede Latacunga.

e) **PRACTICAS PRE-PROFESIONALES**

- GAD DEL CANTÓN MEJÍA
Dirección de Gestión Ambiental y Riesgos
Desde el mes de abril hasta el mes de septiembre del 2019
02-3819-250
Machachi -Ecuador

f) **CURSOS:**

- Curso de aprobación “GESTION Y CALIDAD AMBIENTAL, organizado por la Unidad de Calidad Ambiental (Mae-Cotopaxi), con una duración de 40 horas, realizado los días 29 de agosto hasta el 02 de septiembre del 2016.
- Seminario de “CAPACITACIÓN EN CALIDAD AMBIENTAL”, organizado por la Universidad Técnica de Cotopaxi, con una duración de 40 horas, realizados los días 14 y 15 de septiembre del 2016.
- Foro sobre “EL CONFORT LABORAL DESDE EL ENFOQUE PREVENTIVO, POR EL DIA DE LA SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO”, organizado por el IESS-Cotopaxi, con una duración de 08 horas, el día 21 de octubre del 2016.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES “Un nuevo reto para la conservación ambiental”, organizado por

CECATERE, con una duración de 40 horas, los días 30 de enero hasta el 03 de febrero del 2017.

- III Seminario Científico Internacional de Cooperación Universitaria para el Desarrollo Sostenible – Ecuador 2017, organizado por la Red Iberoamericana de Medio Ambiente, con una duración de 40 horas, los días 22 al 24 de noviembre del 2017.
- Curso - taller “Manejo sostenible de tierras y seguridad alimentaria”, organizado por la Red Iberoamericana de Medio Ambiente, con una duración de 40 horas, los días 22 al 24 de noviembre del 2017.
- I Seminario Internacional en Fiscalización, Seguimiento y Control Ambiental.
- Curso de Taller de Manejo de Instrumentación Ambiental de la Universidad Técnica de Cotopaxi
- III Congreso Internacional de Medio Ambiente y Desarrollo.

Anexo 3. Análisis físicos - químicos y microbiológicos del Río Jambelí, mes de noviembre -2019

PARÁMETRO	UNIDAD	RESULTADO	***LÍMITE		FECHA DEL ANÁLISIS	PROCED
^(c) Coliformes fecales	NMP/100mL	1,5 x 10 ¹	2000	Cumple	2019-12-11	PE-46/ SM Ed.1 Fermentación en
^(a) Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	mg/L	2	100	Cumple	2019-11-29	PE-06/ SM Ed.1 Volu
^(a) Demanda química de oxígeno, DQO	mg/L	18	200	Cumple	2019-11-29	PE-01/ SM Ed.1 Espectrof
^(c) Fosfatos (PO ₄)	mg/L	0,67	-	-	2019-11-29	PE-53/ SM Ed.1 C/ Espectrof
^(c) Nitratos (NO ₃)	mg/L	<3,3	-	-	2019-11-29	PE-37/ SM Ed.2 B; Espectrof
^{(a)(c)} Oxígeno disuelto (O ₂)	mg/L	2,1	-	-	2019-11-29	PE-18/ SM Ed. 2 Volu
^(a) pH	NA	7,98	6-9	Cumple	2019-11-29	PE-02/ SM Ed.2 B/ Elect
^(a) Sólidos totales	mg/L	256	1600	Cumple	2019-12-03	PE-36/ SM Ed.2 Grav
^(a) Turbiedad	NTU	16,9	-	-	2019-11-29	PE-12/ SM E Nefel

SM: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Ed: Edición. PE: Procedimiento de Ensayo interno. N/A: No aplica.

ACREDITACIONES:
^(a) Acreditación CICAM SAE N° OAE LE 2C 06-012. Alcance específico de la acreditación: www
^(c) Parámetro no acreditado
 Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.
 ***Límites máximos permisibles de acuerdo a Norma TULSMA, Anexo 1 Agua, Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

NOTA: La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera.

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL
 Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
 Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
 Quito - Ecuador

INFORME DE RESULTADOS
 Quito, 16 de diciembre de 2019

No. IRS19-578
 Ref. ST19-209

DATOS DE CLIENTE
 Solicitado por: Mishell Pilaguano
 Atención: -
 Dirección: Tambillo, barrio la Florida
 Identificación de la muestra: -
 Fecha de recolección: 2019-11-28
 Responsable del muestreo: Cliente

Teléfono: 0963136195
 Lugar de muestreo: El Chaupi
 Origen de la muestra: Río Jambelí
 Tipo de muestra: Agua natural
 Tipo de envase: Plástico estéril
 Llegó refrigerada: No
 Se utilizó preservante: No

Vidrio
 No
 No

LABORATORIO
 Número de ingreso al laboratorio: MS-19- 578
 Fecha de ingreso al Laboratorio: 2019-11-28

F-PT-08-06 Versión 01

Página 1 de 1

Anexo 4. Muestra 01- Noviembre 2019 - ICA NSF

	Parámetros	Unidades	Resultados	Límite Max Permissible	Cumple	Q-valor	Wi	Subtotal
				TULSMA				
				Libro VI- Anexo I				
				Tabla 9: Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce				
1	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1500	2000	X	20	0,16	3,20
2	DBO5	mg/l	2	100	X	80	0,11	8,80
3	Temperatura	°C	6	Condición natural ± 3	X	71,84	0,1	7,18
4	Fósforos totales	mg/l	0,67	-	N/A	51,5	0,1	5,15
5	Nitratos	mg/l	<3.3	-	N/A	84	0,1	8,40
6	Oxígeno disuelto	mg/l	2,1	-	N/A	3,05	0,17	0,52
7	pH	un.pH	7.98	6-9	X	84,6	0,11	9,31
8	Sólidos totales	mg/l	256	1600	X	65,22	0,07	4,57
9	Turbiedad	UNT	16.9	-	N/A	64,72	0,08	5,18
								52,31

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Análisis NFS Noviembre- Río Jambelí

Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)

Hoja de cálculo para el índice NSF

Fecha y Hora:

Lugar:

Analista:

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	<input type="text" value="2"/> (mg/L)	80	0,11	8,8
Oxígeno Disuelto	<input type="text" value="2,1"/> (%Sat)	3,05	0,17	0,52
Coliformes Fecales	<input type="text" value="1500"/> (Col/100mL)	20	0,16	3,2
Nitratos	<input type="text" value="3,3"/> (mg/L)	84	0,1	8,4
pH	<input type="text" value="7,98"/> (Unid)	84,6	0,11	9,31
Cambio de Temperatura	<input type="text" value="5,2"/> (°C)	71,84	0,1	7,18
Sólidos Totales	<input type="text" value="256"/> (mg/L)	65,22	0,07	4,57
Fosforos Totales	<input type="text" value="0,67"/> (mg/L)	51,5	0,1	5,15
Turbidez	<input type="text" value="16,9"/> (NTU)	64,72	0,08	5,18

Resultados

Número de parámetros: 9

Valor del índice: 52,31

Clasificación: Media

Rango: 51-70

Escala de color: Amarillo

Escala de Color

Excelente	91 - 100	
Buena	71 - 90	
Media	51 - 70	
Mala	26 - 50	
Muy Mala	0 - 25	

Fuente: ICATEST v1.0

Anexo 5. Análisis físicos - químicos y microbiológicos del Río Jambelí, mes de enero - 2020



INFORME DE RESULTADOS

RC38-06

Nº. 20-001

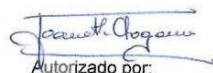
Pág. 2 de 3

Parámetros	Método Interno LANCAS	Método de Referencia	Unidades	Valor
pH	PE01	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 H ⁺ B	UpH	8,07
Nitratos	PE05	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500 NO ₃ ⁻ A y B	mg/L	0,36 ^(a)
Turbidez	PE24	Standard Methods Ed 23, 2017. 2130 B	NTU	15,80
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	PE28	Standard Methods Ed 23, 2017. 5210 B y 4500-O C	mg/L	1,88 ^(a)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	PE36	HACH No 8000 12/99 7 ed	mg/L	14 ^(a)
Sólidos Totales	PE38	Standard Methods Ed 23, 2017. 2540 A y B	mg/L	216,0
Oxígeno Disuelto	PE46	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-O C	mg/L	6,84
Fosfatos	PE48	Standard Methods Ed 23, 2017. 4500-P C.	mg/L	1,599
Coliformes fecales	PEMi02	Standard Methods Ed 23, 2017. 9221 E 1 Modificado	NMP/100 ml	1600,0
Temperatura*	PE37	Standard Methods Ed 23, 2017. 2550	°C	5,6

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES:

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

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


Autorizado por:

Dra. Jeaneth Cartagena
Coordinador de Laboratorio



Anexo 6. Muestra 02 - Enero 2020 - ICA NSF

	Párametros	Unidades	Resultados	Límite Max Permissible	Cumple	Q-valor	Wi	Subtotal
				TULSMA				
				Libro VI, Anexo I				
				Tabla 9				
1	Coliformes fecales	NMP/100 ml	1600	2000	X	19,6	0,16	2,24
2	DBO5	mg/l	1,88	100	X	82,4	0,11	9,06
3	Temperatura	°C	5,6	Condición natural ± 3	X	69,53	0,1	6,95
4	Fósforos totales	mg/l	1,599	-	N/A	30,01	0,1	3,00
5	Nitratos	mg/l	0,36	-	N/A	96,64	0,1	9,66
6	Oxígeno disuelto	mg/l	6,84	-	N/A	5,42	0,17	0,92
7	pH	un.pH	8,07	6-9	X	81,51	0,11	8,97
8	Sólidos totales	mg/l	216	1600	X	70,42	0,07	4,93
9	Turbiedad	UNT	15,8	-	N/A	66,04	0,08	5,28
								51,91

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Análisis NFS Noviembre- Río Jambelí

Indice de la Fundación Nacional de Saneamiento (INSF)

Hoja de cálculo para el índice NSF

Fecha y Hora:

Lugar:

Analista:

Parámetro:	Resultados	Valor-Q	Factor de Ponderación	Total
DBO	<input type="text" value="1,88"/> (mg/L)	82,4	0,11	9,06
Oxígeno Disuelto	<input type="text" value="6,84"/> (%Sat)	5,42	0,17	0,92
Coliformes Fecales	<input type="text" value="1600"/> (Col/100mL)	19,6	0,16	3,14
Nitratos	<input type="text" value="0,36"/> (mg/L)	96,64	0,1	9,66
pH	<input type="text" value="8,07"/> (Unid)	81,51	0,11	8,97
Cambio de Temperatura	<input type="text" value="5,6"/> (°C)	69,53	0,1	6,95
Sólidos Totales	<input type="text" value="216"/> (mg/L)	70,42	0,07	4,93
Fosforos Totales	<input type="text" value="1,599"/> (mg/L)	30,01	0,1	3
Turbidez	<input type="text" value="15,80"/> (NTU)	66,04	0,08	5,28

Resultados

Número de parámetros: 9

Valor del índice: 51.91

Clasificación: **Media**

Rango: 51-70

Escala de color: **Amarillo**

Escala de Color

Excelente	91 - 100	
Buena	71 - 90	
Media	51 - 70	
Mala	26 - 50	
Muy Mala	0 - 25	

Fuente: ICATEST v1.0

Anexo 7. Tablas de macroinvertebrados índice EPT

Primer punto EPT

RESULTADOS DEL PRIMER PUNTO DE MUESTREO EPT					
INFORMACIÓN GENERAL					
COORDENADAS	X: 759996	Y: 9929358		ALTITUD	3425msnm
FECHA DE COLECCIÓN	30/10/2019			HORA DE COLECCIÓN	10:00 am / 13:00 pm
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	31/10/2019				
CONDICIÓN CLIMÁTICA	PRECIPITACIONES			TEMPERATURA:	8 °C
RESPONSABLE	MISHELL PILAGUANO				
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	MES OCTUBRE	MES DE NOVIEMBRE	MES DE ENERO
Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella sp	30	40	43
Coleoptera	Elmidae	Macrelmis sp	2	2	3
Coleoptera	Scirtidae	Elodes sp	10	12	11
Diptera	Simuliidae	Simulium sp	2	2	3
Diptera	Blepharoceridae	Paltostoma sp	3	7	4
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	56	65	58
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Dacnobbella sp	3	4	5
Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	9	6	7
Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica sp	6	12	8
		ABUNDANCIA TOTAL	121	150	142
		EPT TOTAL	71	83	73
		VALOR EPT %	58,68%	55,33%	51,41%
		CLASE	II	II	II
			BUENA	BUENA	BUENA

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 8. Segundo punto EPT

RESULTADOS DEL SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO ETP					
INFORMACIÓN GENERAL					
COORDENADAS	X: 762838	Y: 9932907		ALTITUD	3329msnm
FECHA DE COLECCIÓN	28/11/2019			HORA DE COLECCIÓN	10:00 am / 13:00 pm
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	29/11/2019				
CONDICIÓN CLIMÁTICA	PRECIPITACIONES			TEMPERATURA:	8 °C
RESPONSABLE	MISHELL PILAGUANO				
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	MES OCTUBRE	MES DE NOVIEMBRE	MES DE ENERO
Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella sp	30	45	52
Basommatophora	Physidae.	Physa	17	20	20
Coleoptera	Scirtidae	Elodes sp	22	12	12
Diptera	Blepharoceridae	Paltostoma sp	41	30	32
Diptera	Simuliidae	Simulium sp	12	12	12
Diptera	Tipulidae	Molophilus sp	4	6	3
Diptera	Dolichopodidae	Rhaphium sp	0	2	0
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	66	61	70
Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	5	6	5
		ABUNDANCIA TOTAL	197	194	206
		EPT TOTAL	71	67	75
		VALOR EPT %	36,04%	34,54%	36,41%
		CLASE	III	III	III
			REGULAR	REGULAR	REGULAR

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 9. Tercer punto EPT

RESULTADOS DEL TERCER PUNTO DE MUESTREO ETP					
INFORMACIÓN GENERAL					
COORDENADAS	X: 767669	Y: 9936643		ALTITUD	3196msnm
FECHA DE COLECCIÓN	5/1/2020			HORA DE COLECCIÓN	10:00 am / 13:00 pm
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	6/1/2020				
CONDICIÓN CLIMÁTICA	PRECIPITACIONES-LLUVIOSO			TEMPERATURA:	9 °C
RESPONSABLE	MISHELL PILAGUANO				
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	MES OCTUBRE	MES DE NOVIEMBRE	MES DE ENERO
Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp	6	3	2
Basommatophora	Physidae.	Physa	52	62	68
Diptera	Tipulidae	Limonia	5	1	3
Diptera	Blepharoceridae	Paltostoma sp	3	2	3
Diptera	Simuliidae	Simulium sp	3	2	3
Diptera	Tipulidae	Molophilus sp	7	6	4
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	30	33	36
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Dacnobdella sp	13	15	16
ABUNDANCIA TOTAL			119	124	135
ETP TOTAL			30	33	36
VALOR EPT %			25,21%	26,61%	26,67%
CLASE			III	III	III
			REGULAR	REGULAR	REGULAR

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 10. Primer punto BMWP/Col – ABI

RESULTADOS DEL PRIMER PUNTO DE MUESTREO BMWP/Col - ABI							
INFORMACIÓN GENERAL							
COORDENADAS	X: 75996	Y: 9929358				ALTITUD	3425msnm
FECHA DE COLECCIÓN	30/10/2019					HORA DE COLECCIÓN	10:00 am / 13:00 pm
IDENTIFICACIÓN	31/10/2019						
CONDICIÓN CLIMÁTICA	PRECIPITACIONES					TEMPERATURA:	8 °C
RESPONSABLE	MISHELL PILAGUANO						
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	MES OCTUBRE	MES DE NOVIEMBRE	MES DE ENERO	ÍNDICE BMWP DE TOLERANCIA	ÍNDICE ABI DE TOLERANCIA
Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella sp	30	40	43	7	6
Coleoptera	Elmidae	Macrelmis sp	2	2	3	6	5
Coleoptera	Scirtidae	Elodes sp	10	12	11	7	5
Diptera	Simuliidae	Simulium sp	2	2	3	8	5
Diptera	Blepharoceridae	Paltostoma sp	3	7	4	10	10
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	56	65	58	7	4
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Dacnobia sp	3	4	5	3	3
Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	9	6	7	9	8
Trichoptera	Leptoceridae	Atanatolica sp	6	12	8	8	8
TOTAL						65	54
CLASE						II	III
						Aceptable	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 11. Segundo punto BMWP/Col – ABI

RESULTADOS DEL SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO BMWP/Col - ABI							
INFORMACIÓN GENERAL							
COORDENADAS	X: 762838	Y: 9932907				ALTITUD	3329msnm
FECHA DE COLECCIÓN	28/11/2019					HORA DE COLECCIÓN	10:00 am / 13:00 pm
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	29/11/2019						
CONDICIÓN CLIMÁTICA	PRECIPITACIONES					TEMPERATURA:	8 °C
RESPONSABLE	MISHELL PILAGUANO						
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	MES OCTUBRE	MES DE NOVIEMBRE	MES DE ENERO	ÍNDICE BMWP DE TOLERANCIA	ÍNDICE ABI DE TOLERANCIA
Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp	30	45	52	7	6
Basommatophora	Physidae	Physa	17	20	20	3	3
Coleoptera	Scirtidae	Elodes sp	22	12	12	7	5
Diptera	Blepharoceridae	Paltostoma sp	41	30	32	10	10
Diptera	Simuliidae	Simulium sp	12	12	12	8	5
Diptera	Tipulidae	Molophilus sp	4	6	3	3	5
Diptera	Dolichopodidae	Rhaphium sp	0	2	0	4	4
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	66	61	70	7	4
Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	5	6	5	9	8
TOTAL						58	50
CLASE						III	III
						Dudosa	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 12. Tercer punto BMWP/Col – ABI

RESULTADOS DEL TERCER PUNTO DE MUESTREO BMWP/Col - ABI							
INFORMACIÓN GENERAL							
COORDENADAS	X: 767669	Y: 9936643				ALTITUD	3196msnm
FECHA DE COLECCIÓN	5/1/2020					HORA DE COLECCIÓN	10:00 am / 13:00 pm
FECHA DE IDENTIFICACIÓN	6/1/2020						
CONDICIÓN CLIMÁTICA	PRECIPITACIONES- LLUVIOSO					TEMPERATURA:	9 °C
RESPONSABLE	MISHELL PILAGUANO						
ORDEN	FAMILIA	GÉNERO Y ESPECIE	MES OCTUBRE	MES DE NOVIEMBRE	MES DE ENERO	ÍNDICE BMWP DE TOLERANCIA	ÍNDICE ABI DE TOLERANCIA
Amphipoda	Hyaellidae	Hyaella sp	6	3	2	7	6
Basommatophora	Physidae.	Physa	52	62	68	3	3
Diptera	Tipulidae	Limonia	5	1	3	3	5
Diptera	Blepharoceridae	Paltostoma sp	3	2	3	10	10
Diptera	Simuliidae	Simulium sp	3	2	3	8	5
Diptera	Tipulidae	Molophilus sp	7	6	4	3	5
Ephemeroptera	Baetidae	Baetodes sp	30	33	36	7	4
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Dacnobia sp	13	15	16	3	3
TOTAL						44	41
CLASE						III	III
						Dudosa	Regular

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 13. Primer punto Shannon Weaver- Mes de Octubre

RESULTADOS DEL PRIMER PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER OCTUBRE				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	30	0,247934	-1,394593	-0,345767
Elmidae	2	0,016529	-4,102643	-0,067812
Scirtidae	10	0,082645	-2,493205	-0,206050
Simuliidae	2	0,016529	-4,102643	-0,067812
Blepharoceridae	3	0,024793	-3,697178	-0,091666
Baetidae	56	0,462810	-0,770439	-0,356567
Glossiphoniidae	3	0,024793	-3,697178	-0,091666
Hydrobiosidae	9	0,074380	-2,598566	-0,193282
Leptoceridae	6	0,049587	-3,004031	-0,148960
TOTAL	121			1,569581

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 14. Primer punto Shannon Weaver- Mes de Noviembre

RESULTADOS DEL PRIMER PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER NOVIEMBRE				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	40	0,266667	-1,321756	-0,352468
Elmidae	2	0,013333	-4,317488	-0,057567
Scirtidae	12	0,080000	-2,525729	-0,202058
Simuliidae	2	0,013333	-4,317488	-0,057567
Blepharoceridae	7	0,046667	-3,064725	-0,143021
Baetidae	65	0,433333	-0,836248	-0,362374
Glossiphoniidae	4	0,026667	-3,624341	-0,096649
Hydrobiosidae	6	0,040000	-3,218876	-0,128755
Leptoceridae	12	0,080000	-2,525729	-0,202058
TOTAL	150			1,602517

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 15. Primer punto Shannon Weaver- Mes de Enero

RESULTADOS DEL PRIMER PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER ENERO				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	43	0,302817	-1,194627	-0,361753
Elmidae	3	0,021127	-3,857215	-0,081490
Scirtidae	11	0,077465	-2,557932	-0,198150
Simuliidae	3	0,021127	-3,857215	-0,081490
Blepharoceridae	4	0,028169	-3,569533	-0,100550
Baetidae	58	0,408451	-0,895384	-0,365720
Glossiphoniidae	5	0,035211	-3,346389	-0,117831
Hydrobiosidae	7	0,049296	-3,009917	-0,148376
Leptoceridae	8	0,056338	-2,876386	-0,162050
TOTAL	142			1,617411

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 16. Segundo punto Shannon Weaver- Mes de Octubre

RESULTADOS DEL SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER OCTUBRE				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	30	0,152284	-1,882006	-0,286600
Physidae.	17	0,027961	-3,576962	-0,100014
Scirtidae	22	0,036184	-3,319132	-0,120100
Blepharoceridae	41	0,067434	-2,696603	-0,181843
Simuliidae	12	0,019737	-3,925268	-0,077472
Tipulidae	4	0,006579	-5,023881	-0,033052
Dolichopodidae	0	0,000000	0,000000	0,000000
Baetidae	66	0,108553	-2,220520	-0,241043
Hydrobiosidae	5	0,008224	-4,800737	-0,039480
TOTAL	197			1,079604

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 17. Segundo punto Shannon Weaver- Mes de Noviembre

RESULTADOS DEL SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON- WIEVER NOVIEMBRE				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	45	0,231959	-1,461196	-0,338937
Physidae.	20	0,103093	-2,272126	-0,234240
Scirtidae	12	0,061856	-2,782952	-0,172141
Blepharoceridae	30	0,154639	-1,866661	-0,288659
Simuliidae	12	0,061856	-2,782952	-0,172141
Tipulidae	6	0,030928	-3,476099	-0,107508
Dolichopodidae	2	0,010309	-4,574711	-0,047162
Baetidae	61	0,314433	-1,156984	-0,363794
Hydrobiosidae	6	0,030928	-3,476099	-0,107508
TOTAL	194			1,832091

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 18. Segundo punto Shannon Weaver- Mes de Enero

RESULTADOS DEL SEGUNDO PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON- WIEVER ENERO				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	52	0,252427	-1,376632	-0,347499
Physidae.	20	0,097087	-2,332144	-0,226422
Scirtidae	12	0,058252	-2,842970	-0,165610
Blepharoceridae	32	0,155340	-1,862140	-0,289265
Simuliidae	12	0,058252	-2,842970	-0,165610
Tipulidae	3	0,014563	-4,229264	-0,061591
Dolichopodidae	0	0,000000	0,000000	0,000000
Baetidae	70	0,339806	-1,079381	-0,366780
Hydrobiosidae	5	0,024272	-3,718438	-0,090253
TOTAL	206			1,713030

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 19. Tercer punto Shannon Weaver- Mes de Octubre

RESULTADOS DEL TERCER PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON-WEAVER OCTUBRE				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	6	0,050420	-2,987364	-0,150623
Physidae.	52	0,162500	-1,817077	-0,295275
Tipulidae	5	0,015625	-4,158883	-0,064983
Blepharoceridae	3	0,009375	-4,669709	-0,043779
Simuliidae	3	0,009375	-4,669709	-0,043779
Tipulidae	7	0,021875	-3,822411	-0,083615
Baetidae	30	0,093750	-2,367124	-0,221918
Glossiphoniidae	13	0,040625	-3,203372	-0,130137
TOTAL	119			1,034108

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 20. Tercer punto Shannon Weaver- Mes de Noviembre

RESULTADOS DEL TERCER PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON-WIEVER NOVIEMBRE				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyaellidae	3	0,024194	-3,721669	-0,090040
Physidae.	62	0,500000	-0,693147	-0,346574
Tipulidae	1	0,008065	-4,820282	-0,038873
Blepharoceridae	2	0,016129	-4,127134	-0,066567
Simuliidae	2	0,016129	-4,127134	-0,066567
Tipulidae	6	0,048387	-3,028522	-0,146541
Baetidae	33	0,266129	-1,323774	-0,352295
Glossiphoniidae	15	0,120968	-2,112231	-0,255512
TOTAL	124			1,362969






Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 21. Tercer punto Shannon Weaver- Mes de Enero



RESULTADOS DEL TERCER PUNTO DE MUESTREO ÍNDICE DE SHANNON- WIEVER ENERO				
FAMILIA	ABUNDANCIA	AR(Pi)	Ln (Pi)	Pi*LnPi
Hyalellidae	2	0,014815	-4,212128	-0,062402
Physidae.	68	0,503704	-0,685767	-0,345423
Tipulidae	3	0,022222	-3,806662	-0,084592
Blepharoceridae	3	0,022222	-3,806662	-0,084592
Simuliidae	3	0,022222	-3,806662	-0,084592
Tipulidae	4	0,029630	-3,518980	-0,104266
Baetidae	36	0,266667	-1,321756	-0,352468
Glossiphoniidae	16	0,118519	-2,132686	-0,252763
TOTAL	135			1,371100

Elaborado por: Mishell Pilaguano

Anexo 22. Tabla de descripción y registro fotográfico de bioindicadores (macroinvertebrados) encontrados en el Río Jambelí.

NUM	FOTOGRAFÍA	FAMILIAS	CARACTERÍSTICAS
1		Orden: Amphipoda Familia: Hyalellidae Género: Hyalella sp	Viven en aguas corrientes y remansos de quebradas, asociado a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones (Roldán 2003). Algunas especies son detritívoras y depredadoras de zooplancton y larvas de quironómidos (Peralta, 2001).
2		Orden: Ephemeroptera Familia: Baetidae Género: Baetodes sp	Viven en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida. Indicadores de aguas limpias, aunque pueden tolerar un poco de contaminación orgánica. (Roldán 2003).
3		Orden: Basommatophora Familia: Physidae Género: Physa	Concha sinostrógiara y cónica; puede medir hasta 15mm. (Roldán 2003). Habitan en todo tipo de aguas, preferentemente lentas o estancadas. Tienen tolerancia a contaminantes orgánicos. (Romero & Zúñiga, 2017).
4		Orden: Coleoptera Familia: Scirtidae Género: Elodes sp	Las larvas habitan una variedad de ambientes acuáticos representados en ríos, arroyos, estanques y lagunas mientras que los adultos son terrestres. (Mc Cafferty, 1981) Generalmente se alimentan de material vegetal en descomposición; son detritívoros y herbívoros. (Roldan, 1988).
5		Orden: Trichoptera Familia: Leptoceridae Género: Atanotica sp	Habitan en aguas corrientes y sustratos pedregosos; bien oxigenadas. Indicadores: aguas oligotróficas. (Roldán 2003). Miden aproximadamente 6.0-8.0 mm Su es clerito tiene forma de barra y su estructura abdominal es de material mineral.

6		Orden: Trichoptera Familia: Hydrobiosidae Género: Atopsyche	<p>Viven en aguas corrientes frías y muy oxigenadas; sustrato pedregoso y poco material vegetal. Indicadores: aguas oligotróficas. (Roldán 2003). Estas larvas, debido a sus configuraciones anatómicas, parecen ser exclusivamente depredadoras (Angrisano, 1998).</p>
7		Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: Molophilus sp	<p>Viven en aguas lólicas, en márgenes arenosos de arroyos. Indicadores: aguas mesotróficas-eutróficas. (Roldán 2003). Poseen una coloración, amarilla, beige, blanca y café, Su tamaño varío de 2 a 28.5 mm de longitud (Roldan, 1996).</p>
8		Orden: Diptera Familia: Blepharoceridae Género: Paltostoma sp	<p>Viven en aguas lólicas, cascadas, aguas muy oxigenadas y limpias. Indicadores: aguas oligotróficas. Miden aproximadamente 7.0-8.0 mm. Su cabeza y tórax están fusionados formando una sola división del cuerpo, con una fila de discos succionadores con los cuales la larva se adhiere a la superficie de rocas. (Roldán 2003).</p>
9		Orden: Diptera Familia: Simuliidae Género: Simulium sp	<p>Habitán en aguas corrientes muy oxigenadas, debajo de rocas y troncos. Indicadores: aguas oligotróficas. (Roldán 2003). Miden aproximadamente 3.0-15.0 mm, su abdomen presenta segmentos delgados hasta llegar a su parte terminal ensanchada con la presencia característica de un anillo de hileras. Coscarón 1989)</p>
10		Orden: Glossiphoniiformes Familia: Glossiphoniidae Género: Dacnobia sp	<p>Las sanguijuelas se las encuentra en aguas quietas y de poco movimiento. Toleran altas concentraciones de materia orgánica en descomposición. Por lo tanto, son indicadores de aguas eutrofizadas por efectos de contaminación orgánica. (Roldán 2003).</p>
11		Orden: Diptera Familia: Dolichopodidae Género: Rhaphium sp	<p>Se encuentran en corrientes lentas en áreas marginales, adheridos a la vegetación. Indicadores: aguas oligo- mesotróficas. Mide aproximadamente 12.0-13.0 mm, con disco espiral rodeado por varios lóbulos cortos. (Roldán 2003).</p>

12		<p>Orden: Coleoptera Familia: Elmidae Género: Macrelmis sp</p>	<p>Viven en aguas lóaticas, ocasionalmente en lagunas y charcas. Aunque algunos adultos son encontrados en tierra. (Roldán 2003). De acuerdo con sus hábitos alimenticios existen algunos herbívoros, mientras que otros son detritívoros (Merritt y Cummins, 1984).</p>
13		<p>Orden: Diptera Familia: Tipulidae Género: Limonia</p>	<p>Son semiacuáticos habitan en algas que crecen sobre piedras emergentes. Indicadores: aguas mesotróficas. (Roldán 2003). Poseen una coloración, beige, blanca, negra y café. su tamaño vario de 2 a 28.5 mm de longitud (Roldan, 1996).</p>

Fuente: (Guía para el estudio de macro invertebrados acuáticos del departamento de Antioquia Roldan)

Anexo 23. Fotografías de la investigación

- Primer punto de muestreo “Jambelí”



Fuente: Mishell Pilaguano

- Segundo punto de muestreo “El Chaupí”



Fuente: Mishell Pilaguano

- Tercer punto de muestreo “Tambo”



Fuente: Mishell Pilaguano

- Toma de muestras de macroinvertebrados



Fuente: Mishell Pilaguano

- Toma de muestras de agua en el Río Jambelí



Fuente: Mishell Pilaguano



Fuente: Mishell Pilaguano

- Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio – Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.



Fuente: Mishell Pilaguano



Fuente: Mishell Pilaguano