UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

VICERRECTORADO

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y TECNOLOGÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN, EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSGRADO

CARRERAS DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA E INGENIERÍA AGRONÓMICA

DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICO – QUÍMICOS DE LOS RÍOS DEL MUNICIPIO DE LAJA DEL DEPARTAMENTO DE LA PAZ

PROYECTO FINANCIADO CON RECURSOS PROPIOS

Resolución HCC 157/2020 (ING. AGRONOMIA)
Resolución HCC Nº 001/2021 (M. VETERINARIA)

EQUIPO DE INVESTIGADORES:

M.Sc. MVZ. Jorge Emilio Mamani Huanca

Ing. M.Sc. Windson July Martinez

Univ. Ivar Choquehuanca Chura

Univ. Henry Condori Cruz

Univ. Iván Alberto Mamani Aliaga

Univ. Rodrigo Renjipo Iquise

EL ALTO – BOLIVIA
2021

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO

AUTORIDADES

Dr. Carlos Condori Titirico
RECTOR

Dr. Efraín Chambi Vargas Ph. D.
VICERRECTOR

Dr. Antonio López Andrade Ph. D.
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Ing. Laoreano Coronel Quispe
DECANO DE ÁREA CIENCIAS AGRICOLAS PECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Lic. MVZ. Rodolfo Efraín Berdeja Ovidio
DIRECTOR DE CARRERA MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Ing. Daniel Condori Guarachi
DIRECTOR DE CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

M.Sc. Néstor Salazar Layme
COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN

ING. Edwin Guarachi Laura
COORDINADOR INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSTGRADO

CONVENIO INTERINSTITUCIONAL

UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO – VILLA ESPERANZA

SENAPI: 1-3332/2021

DERECHOS RESERVADOS: Universidad Pública de El Alto

Dirección UPEA: Av. Sucre s/n Zona Villa Esperanza

Noviembre, 2021

El Alto – Bolivia

PRESENTACIÓN

La Universidad Pública de El Alto, es una institución que se proyecta al desarrollo de sus actividades académico-productivas, científicas, tecnológicas de interacción social contemporánea, para priorizar la investigación científica en todos los campos del conocimiento relacionando la teoría con la práctica para transformar la estructura económica, social, cultural y política vigente en favor de las naciones originarias y clases populares.

La Universidad Pública de El Alto, tiene como misión, formar profesionales integrales altamente calificados en todas las disciplinas del conocimiento científico-tecnológico, con conciencia crítica y reflexiva; capaz de crear, adaptar y transformar la realidad en que vive; desarrollar la investigación productiva para fomentar el desarrollo local, regional y nacional para que responda al encargo social y las necesidades de las nacionalidades de manera eficiente y oportuna hacia la transformación revolucionaria de la sociedad.

La Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia cumple la función de generar ciencia y conocimiento mediante distintas líneas de investigación, en la cual el presente trabajo de investigación está relacionado con la salud, conservación, vida silvestre y medio ambiente.

Asimismo, la carrera de Ingeniería Agronómica, está comprometida con la formación de profesionales competitivos en distintas áreas que son transversales, en este caso la investigación de la calidad de aguas del Municipio de Laja, es fundamental para planificar y mitigar impactos ambientales que se podrían producir, en el lugar se encuentra nuestra sede académica de Kallutaca.

M.Sc. Néstor Salazar Layme
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIA ANIMAL Y TECNOLOGÍA

Ing. Edwin Guarachi Laura
COORDINADOR
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSTGRADO

AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES

A la casa de Estudios Superiores “Universidad Pública de El Alto”, por brindar este espacio para realizar el trabajo de investigación.

A la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por brindar el espacio para el trabajo científico de la presente investigación.

A la Carrera de Ingeniería Agronómica, por brindar el espacio para el trabajo científico de la presente investigación.

A la Alcaldía del municipio de Laja, y a las comunidades por confiar y apoyar de manera logística en el presente trabajo de investigación.

Un agradecimiento al laboratorio veterinario LACLIVEA por su apoyo en el procesamiento de muestras biológicas.

También un agradecimiento al Instituto Nacional de Laboratorios de Salud “INLASA” por su apoyo en el procesamiento de muestras biológicas.

M.Sc. Jorge Emilio Mamani Huanca
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓNES DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Ing. M.Sc. Windson July Martinez
INVESTIGADOR PRINCIPAL
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN EXTENSIÓN AGRÍCOLA Y POSTGRADO

INDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN 1
1. EL PROBLEMA 1
1.2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN 2
1.2.1. OBJETIVO GENERAL 2
1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS 2
1.3. LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN 2
1.4. LA JUSTIFICACIÓN 2
CAPITULO II: MARCO TEORICO 4
1. MENCIÓN DE OTROS TEMAS RELATIVOS AL TEMA 4
2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES 4
3. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR 4
4. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES 5
4.1. Generalidades 5
4.2. Marco Institucional Bolivia 5
4.3. Ley de Aguas 6
4.4. Ríos del Municipio de laja 6
4.5. Evaluación de la calidad del agua 7
4.6. Calidad del agua 7
4.7. Composición química del agua 7
4.8. Parámetros con la calidad de agua 9
4.8. Parámetros de calidad física del agua 9
4.9. Parámetros superficiales de calidad química del agua. 11
4.10. Calificación de Macroinvertebrados acuáticos según el índice BMWP/Col 17
CAPITULO III. MARCO METODOLOGICO 19
1. TIPO DE INVESTIGACIÓN 19
2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 19
3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN 19
4. POBLACIÓN Y MUESTRA 20
5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN 20

5.1. Localización del Área de Investigación 20
5.2. Localización del trabajo de laboratorio 21
6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS 21
6.1. Materiales biológicos 21
6.2. Materiales de campo 21
6.3. Materiales para toma de muestras de macro invertebrados 21
6.4. Materiales para toma de muestra de análisis físico-químico 21
6.5. Materiales de laboratorio 21
6.6. Materiales de laboratorio para análisis físico- químico 21
7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN 22
7.1. Análisis estadístico 22
CAPITULO IV. RESULTADOS 23
4.1. Sobre la toma de muestras 23
4.2. Resultados de parámetros químicos y físicos 23
4.2.1. Análisis de Varianza parámetros químicos y físicos 23
4.2.2. Análisis de conglomerados 25
4.2.3. Análisis de componentes principales 26
4.3. Resultados sobre presencia de indicadores biológicos (macro invertebrados) ... 28
4.3.1. Muestra: Agua de vertiente rio Jacha Jauira 28
4.3.2. Muestra: Agua de Agua de vertiente rio Challa Jahuira 28
4.3.3. Muestra: Agua de Agua de vertiente rio Pallina 28
4.3.4. Muestra: Agua de Agua de vertiente rio Kallutaca 29
3.4.5. Evaluación de presencia de macro invertebrados 29
4.3.5. Identificación de macroinvertebrados en diferentes ríos Municipio de Laja 30
CAPITUVO V. CONCLUSIONES 34
CAPITULO VI. RECOMENDACIONES 35
BIBLIOGRAFIA 36
ANEXOS 39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición química del cráter del volcán de la vieja, Guanacaste, Costa Rica. 8

Tabla 2 Composición química del agua de pozos geotérmicos profundos separada a presión atmosférica del 2001 y 2002. 8

Tabla 3 Clasificación de las Aguas y su Significado Ecológico de acuerdo con el índice BMWP.....17

Tabla 4 Resumen de variables estudiadas estadística descriptiva y probabilidad (p<0.05) en la comparación de calidad de agua de ríos.....24

Tabla 5. Resumen de variables estudiadas estadística descriptiva y probabilidad (p<0.05) en la comparación de calidad de agua de ríos 25

Tabla 6. Componentes principales de las variables cuantitativas 27

Tabla 7. Macro invertebrados encontrados en el rio Jacha Jahuira Municipio de Laja, Provincia Los Andes.....28

Tabla 8. Macro invertebrados encontrados en el rio Challa Jahuira Municipio de Laja, Provincia Los Andes.....28

Tabla 9. Macro invertebrados encontrados en el rio Pallina Municipio de Laja, Provincia Los Andes.....29

Tabla 10. Macro invertebrados encontrados en el rio Kallutaca Municipio de Laja, Provincia Los Andes.....29

Tabla 11. Variables físico químicos de las vertientes de los ríos del municipio de laja del primer semestre del año 32

Tabla 12. Variables físico químicos de las vertientes de los ríos del municipio de laja, del segundo semestre del año.....33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dendrograma basado en distancia Euclidia y método Wad para 4 lugares de colecta de muestras de agua y 13 variables 26

Figura 2. Gráfico Biplot, componentes principales de las variables químicas cuantitativas y su relación con los ríos del municipio de Laja 27

Figura 3. Porcentaje de presencia de Macro invertebrados 30

Figura 4. Identificación de Macro invertebrados 30

Figura 5. Identificación de Macro invertebrados 31

RESUMEN

El agua es vital para la vida para seres vivos y plantas, el cambio climático, contaminación, y las actividades industriales, contaminan las afluentes aledañas a las zonas urbanas, lo que afecta a la salud de los seres vivos. El riesgo de contaminación asociado con las actividades agrícolas, genera instrumentos de investigación, para estudiar la calidad de las aguas en los canales de retorno y los ríos y así, prevenir o aminorar modificaciones graves en este ecosistema.

El, problema es el deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye mucho en un habitad y la salud. En la actualidad las propiedades del agua varían mucho dependiendo de diferentes factores, biológicos físicos y químicos, ya que estos están influenciados de manera directa o indirecta en la aparición de diversas enfermedades que y contaminación de las aguas de las afluentes de los ríos del Municipio de Laja.

El objetivo de este trabajó de investigación consistió en determinar de la Calidad de Aguas mediante Indicadores Biológicos y Físico-Químicos en los ríos del Municipio de Laja del Departamento de La Paz.

Se evaluó la calidad de agua en 4 ríos, usando 16 parámetros, variables cuantitativas (PH, Conductividad, Turbidez, Cloro libre, Sólidos totales disueltos, Alcalinidad total, Dureza total, Aluminio, Fosfatos, Cobre, Hierro Total, Manganeso, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Demanda y Química de oxígeno). Se compararon los resultados de los cuatro ríos, según los parámetros químicos. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) para 3 variables (aluminio, fosfatos y nitritos), las demás registraron no significativo. La Variable PH registro en menos coeficiente de Variación 4.43 % y la variable Fosfatos registro mayor CV = 196.14 %. La evaluación de indicadores biológicos se determinó que de cuatro muestras de agua se identificaron 100 micro invertebrados en los ríos de estudio, de los cuales el 81% se encuentran en el rio de Kallutaca, 14 en Challa Jahuira, 3 en Jacha Jahuira y solamente 2 en Pallina. Datos que nos hace inferir que el rio Pallina es el que tiene más contaminado afectado la calidad del agua.

Palabras clave: Calidad de agua, Ríos, Variables Físicos, Químicos, Macro invertebrados.

ABSTRACT

Water is vital for life for living beings and plants, climate change, pollution, and industrial activities pollute the tributaries surrounding urban areas, which affects the health of living beings. The risk of contamination associated with agricultural activities generates research instruments to study the quality of the water in the return channels and rivers and thus prevent or lessen serious modifications in this ecosystem.

The problem is the deterioration of water quality caused by pollution has a great influence on a habitat and health. At present, the properties of water vary greatly depending on different factors, biological, physical and chemical, since these are influenced directly or indirectly in the appearance of various diseases that and contamination of the waters of the tributaries of the rivers of the Municipality of Laja.

The objective of this research work was to determine the Water Quality through Biological and Physical-Chemical Indicators in the rivers of the Municipality of Laja in the Department of La Paz..

The water quality in 4 rivers was evaluated, using 16 parameters, quantitative variables (PH, Conductivity, Turbidity, Free Chlorine, Total Dissolved Solids, Total Alkalinity, Total Hardness, Aluminum, Phosphates, Copper, Total Iron, Manganese, Nitrates, Nitrites, Sulfates, Demand and Oxygen Chemistry). The results of the four rivers were compared, according to the chemical parameters. Significant statistical differences ($p < 0.05$) were found for 3 variables (aluminum, phosphates and nitrites), the others were not significant. The Variable PH registered a lower coefficient of Variation 4.43% and the variable Phosphates registered a higher CV = 196.14%. The evaluation of biological indicators determined that from four water samples 100 micro invertebrates were identified in the study rivers, of which 81% are found in the Kallutaca river, 14 in Challa Jahuira, 3 in Jacha Jahuira and only 2 in Pallina. Data that makes us infer that the Pallina river is the one with the most contaminated water quality.

Keywords: Water quality, Rivers, Physical Variables, Chemicals, Macro invertebrates.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1. EL PROBLEMA

El agua es un elemento vital muy importante para todo ser vivo incluido al ser humano animales plantas, el problema es ciertos cambios como por ejemplo Calentamiento global, la contaminación con basura a las actividades industriales, muchas de nuestras lagunas son contaminadas a consecuencia se ve afectado la salud de los seres vivo contrayendo enfermedades.

Por otro lado, la contaminación del lago Titicaca por los ríos afluentes es un problema que es evidente, pero pocos estudios científicos se han realizado para conocer la contaminación y transporte de contaminantes y destino de sustancias tóxicas en un cuerpo de agua en un área de investigación. Como vemos no ay muchas investigaciones realizadas por eso queremos concientizar parte del proyecto

En Bolivia existen pocos estudios relacionados a este tipo de ambientes. En la cuenca de Rio Ichilo, se realizaron estudios de la estructura zoo béntica en sistemas lcticos (Maldonado et al. 1996; Aguilera et al. 1999).

El riesgo de contaminación asociado con las actividades genera la necesidad de idear un instrumento, para dar seguimiento a la calidad de las aguas en los canales de retorno y en la citada laguna y así, prevenir o aminorar modificaciones graves en este ecosistema. La importancia de este instrumento es significativa, porque adicionalmente, sería útil para evaluar y comparar otras afluentes.

El deterioro de la calidad del agua causado por la contaminación influye mucho en un habitad ya que es cambiante amenaza la salud y el funcionamiento de los sistemas acuáticos, reduciendo así la calidad de agua

En la actualidad las propiedades del agua varían mucho dependiendo de diferentes factores, biológicos físicos y químicos, ya que estos están influenciados de manera directa o indirecta en la aparición de diversas enfermedades que

Diferentes tipos de ríos en La Paz son lugares turísticos, uno de sus lugares atractivos son las lagunas en las cuales habitan diferentes especies de aves acuáticas y peces. Y como

también la falta de educación que existe en los visitantes al dejar la basura al borde de la laguna.

El exceso de basura que hay en el borde de la laguna puede estar ocasionando la contaminación de las aguas de la laguna.

Por último, se espera que las autoridades competentes tomen acciones frente a este problema que es de mucha importancia para salvaguardar la salud de los

Seres vivos. Por un futuro mejor y conservación de habitad y lagunas incentivemos para el futuro.

1.2. EL OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar de la Calidad de Aguas mediante Indicadores Biológicos Y Físico-Químicos en los ríos del Municipio de Laja del Departamento de La Paz.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la calidad del agua mediante indicadores físico-químico en los ríos del Municipio de Laja del Departamento de La Paz.
- Determinar la calidad de agua mediante indicadores biológicos en los ríos del Municipio de Laja del Departamento de La Paz.
- Determinar la calidad de agua mediante 2 semestres, en los ríos del Municipio de Laja del Departamento de La Paz.

1.3. LA HIPOTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

¿Hay presencia de indicadores biológicos físico-químico en los ríos del Municipio de Laja del Departamento de La Paz?

1.4. LA JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación surge con la finalidad evaluar la calidad de agua en las últimas décadas la preocupación de toda sociedad es la disponibilidad y calidad del agua, ya que constituye el líquido elemental para existencia de vida en el planeta.

Es conocida, que a nivel mundial es evidente el incremento en el deterioro de la calidad del agua de los ríos. Lagunas y etc. En los países en desarrollo el problema se agrava, ya que

las fuentes de financiamiento son insuficientes, así como las opciones o los recursos tecnológicos para el monitoreo de la calidad del agua.

Ahora podemos mencionar los datos obtenidos, generalmente son respuestas a las interrogantes propuestas sobre la calidad de agua, por lo que se busca información al pretender generar estrategias para el adecuado manejo de los recursos acuáticos y para el control de la contaminación con algo más de eficiencia

Dentro de la región, nuestros ríos se encuentran contaminados por las actividades de la población urbana y rural, al recibir descargas de aguas residuales domesticas industriales, de curtiembres mataderos, vertidos de residuos sólidos de botaderos, rellenos sanitarios, actividades minerales y ganadería entre otra.

El riesgo de contaminación asociado con las actividades genera la necesidad de idear un instrumento, para dar seguimiento a la calidad de las aguas en los canales de retorno y en los ríos del Municipio de Laja y así, prevenir o aminorar modificaciones graves en este ecosistema. La importancia de este instrumento es significativa, porque adicionalmente, sería útil para evaluar y comparar otras lagunas.

CAPITULO II: MARCO TEORICO

1. MENCIÓN DE OTROS TEMAS RELATIVOS AL TEMA

En la actualidad existen investigaciones en relación a los parámetros físico – químicos y biológicos en otras regiones del país u otros países, pero no existe un estudio en nuestros ríos ubicados en distintos municipios del departamento de La Paz, trabajos similares que coadyuven al presente trabajo de investigación son aquellos realizados en vecino país del Perú.

2. MENCIÓN DE LOS PUNTOS DE VISTA DE OTROS INVESTIGADORES

Roldan. (1992), indica que se midieron las cualidades bacteriológicas y fisicoquímicas de seis fuentes en el área de Santa Rosa-Melger para obtener valores de coliformes totales entre 43.33 MPN / 100 ml y 330 MPN / 100 ml.

Aruquipa et al. (2020), Menciona la identificación de biomarcadores (indicadores biológicos) que han encontrado numerosos grandes invertebrados en el Lago Achocalla del Departamento de La Paz que logran la siguiente clase: Insecta (53%), Mollusca (15.85%), Crustacea (12.20%) y Acaros (1.83%).

González et al. (2011) Esto indica que las variables DBO5, nitrógeno total, fósforo soluble y turbidez muestran una alta correlación y juntas son buenos indicadores del grado de eutrofización. Las formas refractarias parecen ser un indicador indirecto relativamente bueno de la contribución de las aguas residuales del lago. Los parámetros de macrófitos y fitoplancton, así como los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se mostraron buenos indicadores del avance del proceso de eutrofización en cada una de las áreas de estudio.

Según OMS (1998) El acceso al agua potable es esencial para la salud, un derecho humano fundamental y parte de las políticas efectivas de protección de la salud. La importancia de la calidad del agua, la salud y la higiene es muy importante.

3. CORRIENTE O ENFOQUE ELEGIDO POR EL INVESTIGADOR

El objetivo de este trabajo de investigación es determinar la calidad del agua a través de indicadores biológicos y físico-químicos en los ríos de la ciudad de Laja, con el fin de conocer y poder documentar esta información en el futuro o dar paso para otras investigaciones. Con un enfoque mixto; cualitativo y cuantitativo.

4. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES

4.1. Generalidades

La Tierra tiene 1.385 millones de km3 de agua, de los cuales menos del 1% es agua blanda y fácil de usar. Dentro de esta tasa límite, el 38% corresponde a la humedad del suelo; 52% lago; 8% de los vapores atmosféricos, 1% de los seres vivos y 1% de los ríos (Márquez, 1996; Orrego et al. 1999).

Además, un total de 81% tienen formas sólidas de glaciares y casquetes polares antárticos, regiones polares y picos nevados. La conservación de estos ecosistemas acuáticos depende de un adecuado equilibrio entre precipitación, escorrentía, infiltración y transpiración (Sánchez, 1999).

En otros países se realizan estudios de calidad del agua por épocas como el estudio de determinación de la Calidad de Aguas Mediante Indicadores Biológicos y Físico-químicos en el Río Pajan, Manabí, Ecuador de; Yumbo et al. (2018). Durante noviembre 2016 - enero 2017. Se efectuaron cuatro muestreos de insectos, así como, análisis físico - químicos en los puntos: aguas arriba, aguas abajo y en la salida de la PTBAR. Con los insectos colectados se determinaron las familias y se calcularon los índices de IBF y BMWP para cada punto. Fueron colectados 3349 insectos, en 35 Familias dentro de diez Órdenes, siendo las familias más abundantes, Chironomidae (Diptera) y Baetidae (Ephemeroptera) sin diferencias entre puntos de muestreos (P>0,05). Los índices de IBF y BMWP mostraron valores de 6,7 y 55,3 respectivamente, sin diferencias entre puntos. Esto, aunado al bajo oxígeno disuelto (amplitud: 3,5 – 3,75 mg/l) y a la existencia de altos niveles de solidos totales disueltos (amplitud: 1500 – 1594 mg/l) muestra que durante el estudio una calidad de regular a mala de esta importante fuente de agua dulce para la provincia de Manabí.

4.2. Marco Institucional Bolivia

La base institucional para la conservación de los recursos naturales en Bolivia ha existido desde la Ley de Parques Nacionales y Vida Silvestre que se promulgó a mediados de la década de los 70. Posteriormente se promulgaron las leyes de Medio Ambiente (1333) y Ley Forestal (1700). Sin embargo, a partir de la década de los ochenta, y liderados por varios académicos y ong´s, los temas de conservación asumieron una postura central en Bolivia. A partir de 1987, el papel gubernamental fue firme y claro al crear la Subsecretaria de Recursos Naturales y Medio Ambiente al interior del Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios.

4.3. Ley de Aguas

La Ley de Aguas del 28 de noviembre de 1906, contiene un artículo único que declara como Ley del Estado el Reglamento de Aguas del 8 de septiembre de 1879, el mismo contiene un tratamiento amplio sobre este recurso.

- Al respecto se emitieron también las siguientes disposiciones:
- Oposición de la Adjudicación de Aguas, circular de 27 de junio de 1913
- De las servidumbres derivadas (Código Civil Boliviano).
- Ley de 27 de noviembre de 1945, sobre aprovechamiento de aguas sobrantes.

La antigüedad de la Ley de Aguas, no guarda relación con la situación actual de los recursos hídricos, motivo por el cual se considera de vital importancia la instauración y actualización de un marco legal en Bolivia para la gestión de los recursos hídricos, tanto desde el punto de vista social como ecológico, ya que constituye el elemento vital para la supervivencia de las especies de flora y fauna, y el mantenimiento de sus hábitats naturales: lagos, ríos, riachuelos, arroyos, bofedales, etc.

4.4. Ríos del Municipio de laja

La laguna es un reservorio natural de agua dulce de origen glaciar con un alto grado de eutrofización (Pacheco et al. 2002).

El municipio de Laja se ubica íntegramente dentro de la cuenca contigua del lago Titicaca, en el Altiplano Norte, que comprende los manantiales de la cuenca hidrológica de Guaquira, y una parte intermedia de la cuenca hidrológica de Katari, de la cual recibe los flujos de Pallina. Subcuenca fluvia. (PDM – Laja, 2010).

El Sector Sindicalizado coincide con la cuenca intermedia del río Katari, que nace en las alturas de Comanche (provincia Pacajes). Su principal afluente, el río Pallina, se constituye en una sub cuenca intermedia que recibe aguas de torrentes originados en los deshielos de las cumbres de la cadena de cerros del Huayna Potosí (provincia Murillo): río Seco (en Quentavi), y los ríos Challa Jahuira y Vilaque (Gualberto Villarroel y Caicoma) (PDM – Laja, 2010).

4.5. Evaluación de la calidad del agua

La evaluación de la calidad de agua es el proceso de valoración total de la naturaleza física, química y biológica del agua en relación a la calidad natural, a los efectos humanos y a los usos intencionales, particularmente los que puedan afectar la salud humana, y a la de los sistemas acuáticos (Chapman, 1996).

4.6. Calidad del agua

La calidad del agua se determina sobre la base de un conjunto cambiante de características fisicoquímicas o microbiológicas, así como sus valores de aceptación o rechazo. Cualidades fisicoquímicas específicas que pueden afectar la salud (OMS, 1999), después de una exposición breve o prolongada (Rojas, 2002). El agua que cumpla con los estándares preestablecidos para el conjunto de indicadores considerados será apta para el uso al que se destina. El agua para humanos (ACH) se usa para beber, preparar alimentos, higiene personal, lavar utensilios y otras necesidades del hogar. (OMS, 1999).

El agua para consumo humano proviene de dos fuentes: aguas superficiales, como ríos y embalses, y aguas subterráneas. (Fonasa, 2003). Las primeras son corrientes en la superficie de la tierra, incluidas las precipitaciones de las lluvias y las de los arroyos. Los segundos son los que se encuentran por debajo del nivel freático y saturan por completo las grietas del suelo; fluyen naturalmente sobre la superficie del suelo por manantiales y tierras recuperadas, o por sistemas de bombeo (APHA, 1995).

Los parámetros de los indicadores de contaminación o indicadores de calidad se utilizan para medir los cambios recibidos en una determinada cantidad de agua que pueden verse afectados por diferentes tipos de contaminación o degradación física (Tassi et al. 2005). Cualquier cambio significativo en la concentración de un indicador es sospechoso de algún grado de contaminación, ya sea física, química o bacteriológica (Hen, 1985).

4.7. Composición química del agua

La composición química del agua puede variar y depende de su fuente. (Orosco et al. 2005). El agua del cráter del Volcar Rincón de la Vieja se caracteriza por tener un pH bajo, una temperatura alta y una salinidad. (Tabla 1.). Las aguas separadas por la presión atmosférica de los pozos geotérmicos profundos tienen temperaturas más altas debido a la menor salinidad (tabla 2,). Que las del cráter.

Tabla 1 Composición química del cráter del volcán de la vieja, Guanacaste, Costa Rica.

Parámetro	Largo de crater
Temperatura (Cº)	38,89
pH (mg/L)	0,77
Sodio (mg/L)	864
Potasio (mg/L)	414
Calcio (mg/L)	1253
Magnesio (mg/L)	1234
Cloruros (mg/L)	21248
Sulfatos (mg/L)	26200
Fluoruro (mg/L)	1512
Boro (mg/L)	20,21
SDT (mg/L)	56787

Nota: datos tomados de Tassi (2005)

Tabla 2 Composición química del agua de pozos geotérmicos profundos separada a presión atmosférica del 2001 y 2002.

Parámetro (unidad)	PGP-01	PGP-03
pH (us/cm)	7,00	7,17
Conductividad (ppm)	1643	18193
Sodio (ppm)	3289	348
Potasio (ppm)	613	621
Calcio (ppm)	123	152
Magnesio (ppm)	0,165	0,068
Litio (ppm)	8,30	9,13
Rubidio (ppm)	2,70	2,90
Cesio (ppm)	1,09	1,32
Aluminio total (ppm)	0,52	0,47
Hierro total	ND	< 0,05
Cloruro (ppm)		
Sulfatos (ppm)	5,503	6,175

Bicarbonatos (ppm)	51,5	45,3
Fluoruros (ppm)	1,95	1,83
Boro (ppm)	2,65	2,82
Sulfuro de hidrogeno (ppm)	51,50	59,67
Amoniaco (ppm)	3,95	Nd
Arsénico (ppm)	0,39	0,07
Silice total (ppm)	7,33	6,08
Sílice monomérica (ppm)	653	599
SDT (ppm)	631	595245
Temperatura reservorio (Cº)	250	

Nota: datos tomados de Domínguez (2009)

4.8. Parámetros con la calidad de agua

Los parámetros de calidad del agua evaluados se refieren a los posibles contaminantes que pueden estar presentes en el agua superficial de la microstina durante su estudio o uso, tomándola como referencia para la composición química característica del agua que se separa a presión atmosférica del agua. Pozos geotermales (cuadro2,). Y, ya que el área de estudio está en un área con los efectos de los parámetros hidrotermales, físicos y químicos identificados en cada sitio, son los siguientes: Temperatura, pH, conductividad, color, turbidez, total soluble, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, sodio, potasio, calcio, magnesio, hierro, cloruro, sulfato, polvo, fosfato, nitrito, nitrato, nitrógeno de amoníaco, bicarbonato, boro y sílice. (Perdomo et al. 2001). La razón por la que se analiza cada uno de estos parámetros se describe en las siguientes secciones.

4.8. Parámetros de calidad física del agua

Los parámetros físicos se utilizan para determinar el estado y el tipo de agua.

- **Temperatura (T)**

La temperatura es una medida de qué tan caliente está el cuerpo, expresada en grados Celsius (C) y medida con un termómetro de mercurio o termómetro digital. Las aguas geotermales y geotermales provienen de pozos profundos con altas temperaturas entre 40 y 46 C; y superior a los 100 C respectivamente (tabla 2,). La descarga de estas aguas en

fuentes superficiales puede causar daños a la flora y fauna acuáticas, así como promover reacciones químicas secundarias, reducir los niveles de oxígeno y acelerar el crecimiento microbiano. (OMS, 1999).

- **Potencial de hidrogeno (pH)**

El PH es una medida del contenido de iones de hidrógeno en un medio acuoso. Las lagunas con un pH superior a 7 son alcalinas y, si son más bajas, el agua de río no contaminada tiene un pH entre 6,5 y 8,5, donde los organismos acuáticos son ácidos. Dióxido de carbono durante la fotosíntesis y la respiración, respectivamente (Hen, 1985).

- **Color verdadero**

Hay dos tipos de colores: verdadero y claro. El primero se debe a las sustancias disueltas después de la reducción de la turbidez. El segundo es el resultado de sustancias disueltas como los sólidos en suspensión. Se mide en unidades de platino cobalto (U-Pt-Co), basado en 1 mg / L de Pt. Puede deberse a la presencia de materia orgánica coloreada o minerales como el hierro (OMS, 1998 La claridad del color verdadero es casi la misma en agua clara que en agua con muy baja turbidez (Rojas, 2002)

- **Turbiedad (Turb.)**

La turbidez es una medida de la cantidad de materia en suspensión que interfiere con el paso de los rayos de luz a través del agua. Se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (UNT) y se mide con un turbidímetro. (OMS, 1999). Está formado por sustancias en suspensión como arcilla o materia orgánica e inorgánica finalmente degradada, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos. (APHA et al. 1995).

- **Conductividad eléctrica (CE)**

La conductividad es una medida de la actividad eléctrica de los iones en solución, se expresa en unidades de microsemillas por cm (us / cm) y se mide con un conductímetro. (APHA et al. 1995). la conductividad del agua geotérmica es alta (mayor a 10,000 uS / cm,cuadro 2), a diferencia de la conductividad de las fuentes, que es baja (entre 39 y 294 uS/cm) (Tassi et al. 2005). Este parámetro es un indicador de cierta filtración o descarga de agua geotérmica en manantiales superficiales.

- **Solidos disueltos totales (SDT)**

El SDT es una medida de la cantidad de sólidos después de que esta en un estado acuosa se evapora a temperaturas superiores a 100 ° C. Esto está determinado por gravimetría (OMS, 1999). En el agua potable, la mayor parte de la materia orgánica se encuentra en forma de sólidos disueltos y está compuesta de sales y gases disueltos. Los iones principales son bicarbonato, cloruro, sulfato, nitrato, sodio, potasio, calcio y magnesio. Estas sustancias afectan otras propiedades del agua, como el sabor, la dureza y la propensión a convulsiones (APHA et al. 1995). El agua geotérmica tiene un alto contenido de sólidos disueltos totales (> 10,000 mg / L, Tabla 2). Este parámetro indica una fuga geotérmica o una escorrentía de una fuente de agua superficial.

4.9. Parámetros superficiales de calidad química del agua.

La calidad química está determinada por este tipo de sustancias que se recogen en el agua en momentos específicos y en momentos específicos.

- **Oxígeno disuelto (OD)**

El oxígeno es un oxidante presente en la atmósfera y juega un papel muy importante en las reacciones redox acuosas y la respiración microbiana. El método analítico para determinar esto es el yodo métrico de winkler). Se mide como un porcentaje de saturación de oxígeno, dependiendo de la presión atmosférica a una temperatura particular. Los veranos calurosos son menos solubles que los inviernos (APHA et al 1995). Este parámetro indica la capacidad del cuerpo de agua para sustentar la vida acuática.

- **Demanda bioquímica de oxígeno de cinco días (DBO5)**

El problema bioquímico es la cantidad de oxígeno que necesitan las bacterias a 20 ° C durante 5 días. Esto se define como la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial antes de la incubación y el oxígeno restante después de 5 días de incubación a 20 ° C. Yodometría winkler determinada. Se utiliza para determinar la contaminación del agua doméstica en términos de la cantidad de oxígeno liberado en un cuerpo natural donde predominan las condiciones aeróbicas. Esta prueba es una de las más importantes en la gestión de la actividad de contaminación de los ríos (APHA et al 1995).

- **Fosfato (PO – P)**

Las sustancias que tiene el fosforo (P), tales como los fosfatos y nitrógenos son bionutrientes, es decir, compuestos necesarias para el desarrollo vegetal (Orozco et al. 2005). el incremento de fosfato causa la eutrofización, la cual causa un incremento incontrolado de floración algales de cianibacterias que da como resultado toxinas en el organismo que las ingiere y una drástica disminución de oxígeno disuelto en el agua (Rojas, 2002).

En principio, estos bionutrientes no deben ser tomados en cuenta como contaminantes del agua, pero la actividad humana ha aportado el incremento en los ecosistemas acuáticos. En concentraciones mayores a la 0,02 ppm de fosforo generalmente acelera la eutrofización (Rojas, 2002).

Los fósforos están actualmente en las aguas superficiales como resultado de la meteorización y lixiviación de las rocas portadoras de fosforo procedente de la erosión de la superficie, de aguas residuales, es correntina agrícola y precipitación atmosférica. El fosforo inorgánico (ortofosfatofosfato trisodico, monosodio y diamonico y polifosfato hexametafosfato y tripolifodfsto de sodio piro fosfato tetrasodio). pueden surgir de las aguas residuales domesticas como resultado del rebajamiento metabólico de las proteínas y supresión de los fosoforos presente en las orinas las polifosfatos pueden estar presentes en algunos detergentes sintéticos (Alba et al. 2005).

- **Sodio (NA)**

Las principales fuentes donde se encuentra el sodio son la halita (NACI), espuma del mar, manifestaciones hidrotermales, salmueras, algunos silicatos y minerales raros como la naacolita (NaHCO3) u otros. En el agua, el sodio empieza por una reacción del intercambio ionico natural, en donde la arcilla que la contiene reacciona con el calcio o magnesio y la libera (reacción 3) (Arias 2010).

El sodio se encuentra en niveles altos en el agua subterránea, donde hay abúndate depósitos de minerales de sodio, o por infiltración de aguas geotérmicas de origen profundo 8 superior a 3000 mg/L, cuadro 2); mientras que, en cuerpos de agua superficiales de la naciente el contenido es relevante bajo (APHA et al, 1995).

- **Potasio (K)**

El potasio es otro componente mayor proporción que se encuentra en elevada concentración en las aguas geotérmicas de origen profundo en los cuerpos de aguas superficiales de las nacientes (Tassi et al, 2005).

- **Calcio (Ca2) y magnesio (Mg2)**

La principal fuente de magnesio en aguas naturales es la dolomita mientras que en aguas salinas predomina el cloruro de magnesio (MgCI2) El calcio y el magnesio son los principales elementos de la dureza del agua, cuyas fuentes naturales provienen rocas sedimentadas y la escorrentía, encargada de la incrustación en las tuberías (APHA et al 19959. Por lo general subterránea es más resistente que la superficie (Rojas 2002).

- **Bicarbonato (HCO3)**

El bicarbonato tiene la capacidad del agua de aceptar protones. El dióxido de carbono (CO2) generado en los procesos biológicos al mezclarse con el agua forma acida carbónico (H2CO3), el cual veloz se descompone en bicarbonato (HCO3) (Romero 1999).no obstante, en el agua de una fuente profundo, la alta concentración de bicarbonato se debe a la disolución de minerales de carbonato de calcio (reacción 5), calcita, principalmente (Appelo y postma, 1994),o de la reducción de sulfato (Fonasa,2013).

- **Cloruro (Cl)**

Las fuentes más comunes de cloruro son la halita, fuente termal y salmueras.Las concentraciones altas de cloruro hacen que el agua tenga un sabor desagradable, en cual depende de la composición química del agua (OMS, 1999). catión predominante es el sodio, una concentración de cloruro de 250mg/L puede tener un sabor salado identificable, pero si prevalece el calcio y magnesio, no es detectable, pero si prevalece el calcio y magnesio, no se detecta (APHA et al 19995). Las aguas geotérmicas son altas en contenido de cloruro (entre 5000 y 6000mg/L, tabla 2).

- **Sulfato (SO4)**

Los gases azufrados como el sulfuro de hidrogeno (H2S) y dióxido de azufre (SO2) son excesivos en la atmosfera y su origen natural es la descomposición anaeróbica de la materia orgánica (sedimento y combustible fósiles) y erupciones volcánicas (Orozco, et al 2005). Los sulfatos llegan por medio acuático mediano la oxidación del SO2 atmosférico o proveniente de desechos industriales (APHA et al, 1995); su concentración en la mayoría de las aguas

dulces es muy baja en contraste con las aguas geotérmicas de origen profundo que es alta (entre 40 y 50 mg/L).

- **Fluoruro (F)**

El fluoruro en aguas que son naturales se origina de la disolución de florita y apatita u otros (Rojas, 2002). A concentraciones pequeñas (menores a 1 mg/L), el fluoruro reduce efectivamente caries dentales sin producir efectos perjudiciales sobre la salud. No obstante, la ingesta prolongada de aguas cuya concentración exceda el límite máximo admisible (0,7 a 1,5 mg/L, presidencia de la república y ministerio de salud de costa rica, 2005). Las concentraciones naturales de fluoruro en agua superficiales son memores, mientras que en las aguas geotérmicas son elevadas (entre 2y 3 mg/L, Tabla 2).

- **Boro (B)**

El boro no es un elemento común en minerales a pH menor de 8,7 predomina la especie H3BO3, pero no es absorbida por la arcilla; mientras que, a pH superior es fácil mente absorbida la forma H2B03 (Rojas, 2002). Aunque el elemento es esencial para crecimiento de las plantas la ingesta de grandes cantidades puede afectar al sistema nervioso central. Asimismo, puede dar lugar a un síndrome clínico denominado borismo, enfermedad que se manifiesta en la piel seca y alteraciones gastrointestinales (APHA, et al 1995). Entre 50 y 60 ppm, Tabla 2).

- **Sílice (sio 2)**

La sílice en el agua de baja temperatura se deriva principalmente de la disolución de silicatos (Alba, 1996). En las tuberías de conducción de agua, forma incrustaciones indeseables de silicato de magnesio y calcio (Orrego et al. 1999). Las aguas de origen profundo son ricas en minerales de silicato (entre 500 y 600 mg/L, cuadro 2) Las aguas provenientes de pozos geotérmicos profundos son en contenido de boro.

- **Hierro (Fe)**

El hierro es un elemento abundante y usualmente esta férrico (Fe) o en estado de oxidación en la superficie (Rojas, 2002). El hierro férrico (producto de la oxidación de hierro ferroso) da un color marrón rojizo desagradable al agua. En concentraciones superior a 3,0 mg/L, mancha la ropa lavada y las instalaciones de fontanería (OMS, 1995).

- **Bioindicadores biológicos**

El uso de bioindicadores acuáticos, especialmente de macroinvertebrados, se ha implementado en los estudios de impacto ambiental en varios países de Centroamérica, como Panamá, Costa Rica y Guatemala. En Costa Rica, para el estudio de la fauna acuática, el biomonitoreo es requerido en todos los proyectos que afectan directa o indirectamente a los recursos hídricos, especialmente represas hidroeléctricas, mineras, extracción de material pedregoso del cauce de los ríos y también plantaciones agrícolas (Sermeño et al., 2010). Dentro de los cuerpos de aguas continentales, los macroinvertebrados han recibido una gran atención, tanto por su importancia como eslabones tróficos intermediarios entre los productores primarios y consumidores, como por el papel que desempeñan como transformadores e integradores de la materia orgánica alóctona (hojas, semillas, ramas, troncos caídos, entre otros), principal entrada de energía a los sistemas fluviales (Gil, 1992). En estos últimos años los macroinvertebrados acuáticos han ido ganando protagonismo como indicadores biológicos de la calidad del agua, funcionando como una herramienta para monitoreo de los recursos hídricos, esto se debe a que tales organismos responden rápidamente a variaciones ambientales (Gonzales et al. 2011).

Los macroinvertebrados acuáticos (MIA) son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas principalmente por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos. Se les denomina macroinvertebrados porque su tamaño va de 0.5 mm hasta alrededor de 5.0 mm, pudiéndoles observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos, por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua (Roldan,2016).

- **Indicadores biológicos de la calidad del agua**

Los indicadores biológicos son organismos o comunidades de estos que a través de su presencia indica el nivel de preservación o el estado de un hábitat. Un indicador biológico ideal es aquel que tiene tolerancias ambientales estrecha, es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven (Domínguez, 2009).

- **Macroinvertebrados acuáticos**

Se consideran como macroinvertebrados acuáticos (MIA) a todos los animales invertebrados que tienen un tamaño igual o superior a 0.5 mm. Constituyen el grupo dominante en los ríos, aunque también se encuentran en la zona litoral y el fondo de lagos y lagunas. Los MIA que habitan en los ecosistemas fluviales están ampliamente representados por diferentes familias de moluscos y larvas de insectos, aunque dependiendo del tipo de rio también pueden ser comunes los crustáceos, oligoquetos, anélidos, nemátodos e hirudíneos. Pudiendo pertenecer al necton cuando son nadadores activos; al neuston cuando habitan la superficie del agua, o a los bentos, si viven en relación íntima con el fondo del cuerpo del agua, ya sea en sustratos orgánicos como el detrito, plantas acuáticas, hojarasca, ramas y troncos, o substrato inorgánico, como rocas, grava y arena (Roldan, 1992).

- **Los MIA ofrecen distintas virtudes para la vigilancia biológica, incluyendo:**

a) Su ubicua ocurrencia.
b) Su enorme riqueza de especies, que ofrece un espectro de respuestas ambientales.
c) Su naturaleza básica sedentaria, lo que facilita el análisis espacial.
d) La propensión de ciertas especies de entrar en la columna de agua (es decir, la deriva), lo que puede indicar la presencia de un contaminante.
e) Los largos ciclos de vida de algunas especies, que pueden ser utilizados para rastrear efectos de la contaminación durante períodos más largos.
f) Su compatibilidad con el equipo de muestreo de bajo costo.
g) La bien descrita taxonomía de los géneros y las familias.
h) La sensibilidad de muchas especies comunes, que se han establecido para los diferentes tipos de contaminación.
i) La idoneidad de muchas especies para estudios experimentales de efectos de la contaminación.

Por estas consideraciones, los MIA son los organismos más utilizados para biomonitoreo en agua dulce (Alba-Tercedor, 1996; Bonada, 2015).

En la vigilancia y control de la contaminación, en base a organismos como bioindicadores, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macroinvertebrados, peces. De todas las metodologías,

aquellas basadas en el estudio de los macroinvertebrados acuáticos son las mayoritarias (Alba et al. 2005).

4.10. Calificación de Macroinvertebrados acuáticos según el índice BMWP/Col

El uso del índice requiere identificar los macroinvertebrados a nivel de familia. Tras la identificación de los ejemplares capturados se elabora una lista de inventario con las familias presentes, se busca la puntuación de cada familia en la tabla BMWP/Col y se obtiene el valor del índice por la suma total de la puntuación correspondiente a cada una de ellas (Roldán, 2003). El valor obtenido se hace corresponder con una determinada clase de calidad de agua (Tabla 3).

Tabla *3* Clasificación de las Aguas y su Significado Ecológico de acuerdo con el índice BMWP

Clase, Calidad	BMWP	Significado	Color
I – MUY BUENA	> 121	Aguas muy limpias	Azul
II- BUENA	101 – 120	Aguas no contaminadas	Celeste
III- ACEPTABLE	61 – 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
IV-DUDOSA	36 – 60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
V-CRITICA	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI- MUY CRITICA	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Nota: Clasificación de aguas. Fuente: e Roldan (2003).

- **Tipo de bioindicadores**. Desde el punto de vista de la contaminación, los macroinvertebrados se agrupan en cuatro categorías generales:

Clase I: son organismos indicadores de aguas claras, en su mayoría muy sensibles a los cambios. Entre ellos están, en términos generales, los grupos taxonómicos de los Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, alguna Díptera, Odonata, Neuróptera. Como ejemplos tenemos los géneros, Helicopsyche, Anacroneuria, Laclania, Nectopsyche, Baetodes, Tetraglossa, Macrelmis, Atopsyche, y Moribaetis, entre otros (Roldán, 2003).

Clase II: son indicadores de aguas medianamente contaminadas. En general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico. Se encuentran en hábitat de poca contaminación. Dentro de este grupo tenemos algunos Odonata, Trichoptera, Ephemeroptera, algunos dípteros, y coleópteros como, los géneros Hetaerina (Odonata), Gerris (Hemíptera, y Smicridea (Trichoptera), Tropistermus (Coleóptera), Dixella, Probezzia, Limnophora, Limnicola (Díptera), Helisoma y Succinea (Gastropoda) (Roldán, 2003).

Clase III: son organismos tanto estenoicos como eurioicos. Se encuentran en medios contaminados por materia orgánica. Se destacan la familia Chironomidae (Díptera), el Philum Mollusca y la clase Hirudinea como algunos caracoles (Physa, Limnaea) y sanguijuelas respectivamente (Roldán, 2003).

Clase IV: Son indicadores de aguas muy contaminadas por materia orgánica. Los grupos taxonómicos de la clase Anélida, y los géneros, Limnodrilus y Tubifex. (Roldán, 2003).

- **Calidad Físico-químico del agua**

Calidad físico-químico del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud (Rojas, 2002).

CAPITULO III. MARCO METODOLÓGICO

1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es de carácter, Mixto (cuantitativo-cualitativo), con un enfoque más cuantitativo por su naturaleza de análisis, ya que se tomó en cuenta las distintas pruebas de laboratorio.

2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Diseño de investigación descriptiva, cuantitativo no experimental. Ya que se planeó un trabajo de identificación y determinación de parámetros fisicoquímicos y bioindicadores presentes en diferentes ríos del Municipio de Laja.

3. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

Épocas: 2 Semestres
Parámetros físico-quimios: Comparación
Macro invertebrados: Presencia/Ausencia

Las variables a estudiar serán fueron de carácter cuantitativo y cuantitativo como: porcentaje de presencia de macro invertebrados, potencial hidrogeniones PH de los sitios de colecta, color de agua, temperatura, turbidez. El estado de la calidad de agua microrganismos y uso actual del agua.

Asimismo, se describió los parámetros de calidad de agua basados en análisis físico químicos del agua sobre la presencia de los siguientes elementos:

- ✓ Ph
- ✓ Conductibilidad
- ✓ Turbidez
- ✓ Cloro libre
- ✓ Sólidos totales disueltos
- ✓ Alcalinidad
- ✓ Dureza total
- ✓ Fosfatos

- ✓ Cobre
- ✓ Hierro total
- ✓ Magnesio
- ✓ Nitratos
- ✓ Nitritos
- ✓ Sulfatos
- ✓ Demanda Química de Oxigeno

4. POBLACIÓN Y MUESTRA

Representado por los macro invertebrados acuáticos de los ríos del municipio de laja del departamento de La Paz. La muestra estará representada por la comunidad de macro invertebrados en 4 puntos seleccionados mediante el criterio del investigador y tomas de agua según puntos para ver las características físicas y químicas de la misma.

5. AMBIENTE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en los diferentes ríos del Municipio de Laja de Departamento de La Paz.

5.1. Localización del Área de Investigación

El municipio de Laja se halla en pleno Altiplano Boliviano, situado entre los 3.800 y los 4.000 m.s.n.m, Las comunidades de Laja se encuentran predominantemente entre planicies y llanuras aluviales. También se pueden observar algunas colinas poco pronunciadas y serranías de mayor altura y pendiente, a cuyas faldas se forman pie de montes de origen coluvial y aluvial, luego a continuación, nuevamente se presentan planicies o mesetas a mayor altitud. El área de estudio geográficamente está comprendida entre los paralelos: 16° 31' 10" de Latitud Sur y 68° 19' 05' de Longitud Oeste a una elevación de 3892 msnm.

La temperatura media ambiente anual está en 7.1ºC, en tanto que las temperaturas mínimas extremas se presentan entre los meses de junio y julio con -10.8 a -11.0ºC (temperaturas bajo cero), por otro lado, las temperaturas máximas extremas se registran en los meses de noviembre a diciembre con 21.6 a 22.3ºC. Los cultivos en esta zona, están supeditados a esta amplia variación de temperaturas extremas. La precipitación media anual para la zona de estudio es de 613.1 mm/año, en tanto que las mayores precipitaciones se registran entre los meses de diciembre y enero con 113.1 a 141.3 mm/mes respectivamente (PDM. Laja. 2010)

5.2. Localización del trabajo de laboratorio

El trabajo de laboratorio se realizó en el LABORATORIO CLINICO “LACLIVEA” de la carrera de medicina veterinaria y zootecnia de la Universidad Pública de El Alto, ubicada en la ciudad de El Alto, Zona Villa Esperanza, bloque B de la Universidad Pública de El Alto. y en el Laboratorio de Salud Ambienta (INLASA), ubicado en la zona de Miraflores, Calle Rafael Zubieta.

6. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Se usaron técnicas fisicoquímicas del agua, como el uso in situ como la medición del pH, color del agua, transparencia del agua, turbidez, medición de temperatura, y por un análisis físico - químico con una referencia de la ley 1333. Asimismo, con la identificación de macro invertebrados se usó la bio indicación de agua por el método BMWP/col.

6.1. Materiales biológicos

- ✓ Macro invertebrados de los ríos del municipio de laja
- ✓ Muestras de agua de los ríos del municipio de laja

6.2. Materiales de campo

Guantes de látex, Overol, Botas y Cámara fotográfica.

6.3. Materiales para toma de muestras de macro invertebrados

Alcohol, Pinzas de punta fina, Tubos de ensayo, Lupa, Masquin, Conservadora, Red de mano, Bandeja, Registros y marcador.

6.4. Materiales para toma de muestra de análisis físico-químico

Envases Vidrio o polietileno, Lavado con H2O destilada, Conservadora, Registro, Marcador y Masquin.

6.5. Materiales de laboratorio

Estereoscopio, Microscopio, placas Petri, Porta objetos, Cubre objetos, Pinzas de punta fina, Registros y Marcador.

6.6. Materiales de laboratorio para análisis físico- químico

Pipeta volumétrica de 50 ml, frasco Erlenmeyer de 250 ml, bureta de 50 ml, fenolftaleína e indicador metil-orange.

7. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

Se realizó la identificación de los ríos más grandes y conocidos en el mapa y por los comunarios del lugar. Asimismo, se identificó los ríos y se procedió a evaluar los ríos IN SITU, evaluando así las siguientes variables: pH, temperatura, turbidez y color del agua, posteriormente se procedió a colectar las muestras de agua en envases esterilizados la cantidad de 2 litros por rio, teniendo así 8 litros ya que se muestreo 4 ríos del municipio de laja, donde se codifico con el nombre del rio, nombre del colector de muestra, fecha entre otros, así, donde posteriormente se remitió a laboratorios del (INLASA), También se empezó a colectar 1 litro de agua para la identificación de macro invertebrados.

7.1. Análisis estadístico

ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA VARIABLES FÍSICAS.

a) Análisis de Varianza

Para el estudio de las variables físicas se usará un diseño irrestricto al azar y ANOVA, el cual seguirá el siguiente modelo:

$$Yij = \mu + Si + \varepsilon ij$$

Donde:

Yij = Cada característica física
μ = media general
Si = Efecto i-esimo grupo (sitio, grupo)
εij = Error experimental

b) Análisis multivariado

Para identificar las variables químicas que más discriminan a los sitios se realizará los siguientes análisis:

- Discriminante canónica con todos los grupos definidos a priori
- Discriminación de sitio

c) Clústers

Para determinar las características químicas discriminan a los grupos sin conocer los sitios, se realizará los siguientes análisis:

- Agrupar y conformar grupos
- Análisis de ANOVAS entre grupos

CAPITULO IV. RESULTADOS

4.1. Sobre la toma de muestras

La toma de muestras se realizó en dos periodos, distribuidos de manera semestral, en las afluentes del municipio de laja, ríos: Jacha Jahuira, Challa Jahuira, Pallina y Kallutaca, la colecta de las muestras se realizó por la mañana, tomando en cuenta los protocolos para que sean verídicas y confiables. Las primeras muestras se tomaron en fecha 23 de junio del 2021 y la segunda en fecha 17 de agosto 202, épocas consideradas de mayor influencia de parámetros en la calidad del agua.

4.2. Resultados de parámetros químicos y físicos

Las muestras de agua, se analizaron en el Instituto Nacional de Laboratorios de Salud – Laboratorio de Salud Ambiental (INLASA), los resultados del análisis en el (Anexo 1).

Se evaluaron la calidad de agua en 4 ríos, usando 16 parámetros, variables cuantitativas (PH, Conductividad, Turbidez, Cloro libre, Sólidos totales disueltos, Alcalinidad total, Dureza total, Aluminio, Fosfatos, Cobre, Hierro Total, Manganeso, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Demanda y Química de oxígeno). Asimismo, la identificación en los cuatro ríos de microorganismos invertebrados (Crustácea, Mollusca, Mollusca, Insecta, Insecta, Zooplancton). Para la identificación de diferencias significativas se analizaron los resultados con multivariados y los resultados de presencia de microorganismos con estadísticos descriptivos, según la metodología descrita.

4.2.1. Análisis de Varianza parámetros químicos y físicos

Primera muestra (primer semestre)

Se compararon los resultados de los cuatro ríos, según los parámetros químicos. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) para 3 variables (aluminio, fosfatos y nitritos), las demás registraron no significativo. La Variable PH registro en menos coeficiente de Variación 4.43 % y la variable Fosfatos registro mayor CV = 196.14 % (Tabla 4)

Tabla 4 Resumen de variables estudiadas estadística descriptiva y probabilidad (p<0.05) en la comparación de calidad de agua de ríos.

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín	Máx	P(05)
pH	4	7,93	0,35	4,43	7,42	8,21	7,42
conductividad	4	743	656,42	88,35	279,35	1716,5	279,35
Turbidez	4	18,09	13,87	76,67	4,92	33,85	4,92
Solidos totales disueltos	4	196,53	55,45	28,21	139,65	245,65	139,65
Alcalinidad Total	4	191,9	220,15	114,72	76,6	522	76,6
Dureza Total	4	166	58,56	35,28	120	248	120
Aluminio	4	0,03	0,01	18,18	0,03	0,04	0,03
Fosfatos	4	6,39	12,54	196,14	0,05	25,2	0,05
Manganeso	4	0,28	0,18	64,37	0,09	0,52	0,09
Nitratos	4	1,78	1,84	103,41	0,5	4,5	0,5
Nitritos	4	0,01	0,01	85,64	0,01	0,03	0,01
Sulfatos	4	75	12,91	17,21	60	90	60
Demanda Química de oxigeno	4	13,25	17,56	132,49	3,1	39,5	3,1

Nota: Variables estadísticas Fuente: Elaboración propia

Segunda muestra (segundo semestre)

Se compararon los resultados de los cuatro ríos, según los parámetros químicos. Se encontraron diferencias estadísticas significativas (p<0.05) para 2 variables (aluminio y nitritos), las demás variables registraron no significativo. La Variable Ph registró menos coeficiente de Variación 3.88 % y la variable y la variable fosfatos mayor CV = 194.79 % (Tabla 5).

Tabla 5. Resumen de variables estudiadas estadística descriptiva y probabilidad (p<0.05) en la comparación de calidad de agua de ríos

Variable	n	Media	D.E.	CV	Mín.	Máx.	P(05)
Caso	4	2,5	1,29	51,64	1	4	1
pH	4	7,79	0,3	3,88	7,5	8,18	7,5
conductividad	4	342,56	194,79	56,86	124,5	512,15	124,5
Turbidez	4	16,44	16,96	103,16	4,6	41,45	4,6
Sólidos totales disueltos	4	383,64	358,37	93,41	115,4	912,25	115,4
Alcalinidad Total	4	378,4	594,85	157,2	48,4	1270	48,4
Dureza Total	4	162	65,36	40,35	80	240	80
Aluminio	4	0,02	0,01	70,38	0,01	0,04	0,01
Fosfatos	4	6,78	13,21	194,79	0,1	26,6	0,1
Hierro Total	4	0,51	0,37	73,31	0,21	1,04	0,21
Manganeso	4	0,34	0,24	71,4	0,13	0,61	0,13
Nitratos	4	8,05	14,63	181,8	5,00E-01	30	0,5
Nitritos	4	0,01	0,01	91,62	3,00E-03	0,02	3,00E-03
Sulfatos	4	77,25	32,16	41,63	42	120	42
Demanda Química de O..	4	13,6	16,56	121,74	2,3	38,2	2,3

Nota: Variables estadísticas Fuente: Elaboración propia

4.2.2. Análisis de conglomerados

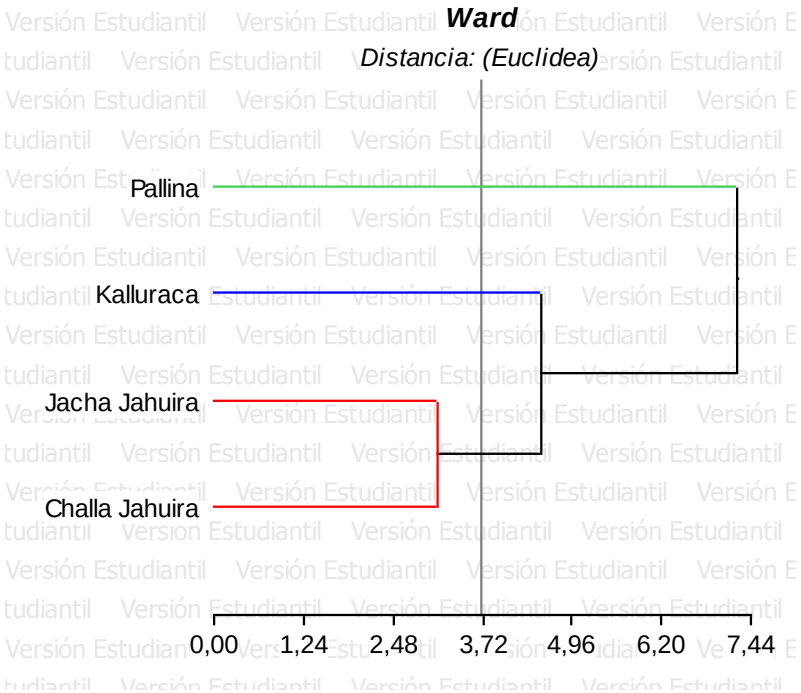
Este análisis de realizó utilizando los parámetros cuantitativos del contenido químico de las aguas de los cuatro ríos. La estructura obtenida por el método de agrupamiento Ward (1963) y la distancia Euclídea se presenta por medio de un dendrograma (Figura 1).

Se identificaron tres grupos a una distancia de 3.72. El grupo (1) de color verde está conformado por datos que provienen del rio Pallina, afluente que se encuentra a 35 Km del lugar poblado que es Laja, y que según los resultados presenta datos muy diferentes en comparación a los otros ríos.

El grupo (2) de color azul está conformado por resultados de los datos del rio Kallutaca que se encuentra a 25 km del lugar poblado de Laja y a 26 km de la sede Kallutaca de la UPEA y con población urbana circundante.

El grupo (3) de color rojo, agrupó a dos ríos el Jacha Jahuira y el Challa Jahuira, se encuentran a 30 km del municipio de Laja. Este grupo se distingue ambos con características químicas muy similares.

Figura 1. Dendrograma basado en distancia Euclidia y método Wad para 4 lugares de colecta de muestras de agua y 13 variables



Nota: La figura muestra el acercamiento de los ríos. Fuente: (Elaboración propia)

4.2.3. Análisis de componentes principales

Se observó que las variables, fosfatos, alcalinidad total, conductibilidad, dureza total, turbidez, están asociados con el lugar de colecta, están presentes en el rio Pallina del Municipio de Laja. Las variables número de semilla y diámetro de semilla, presentan correlación positiva. La variable aluminio y pH se asocia con el rio Kallutaca. Asimismo, las variables solidas totales y sulfatos con los ríos Challa jahuira y Jacha jahuira, más al rio Challa Jahuira. Las variables Nitritos, nitratos y demanda de Oxigeno también se relaciona al rio Pallina.

Con los dos primeros componentes se explica el 88.9 % de la variabilidad (Cuadro 2) y (Figura 2). Los autovectores (e1 y e2) muestran los coeficientes con que cada variable original fue ponderada, para conformar los componentes principales CP1 (e1) y CP2 (e2). La variable sólidos totales disueltos recibe el peso negativo más alto (-0,18) y las variables

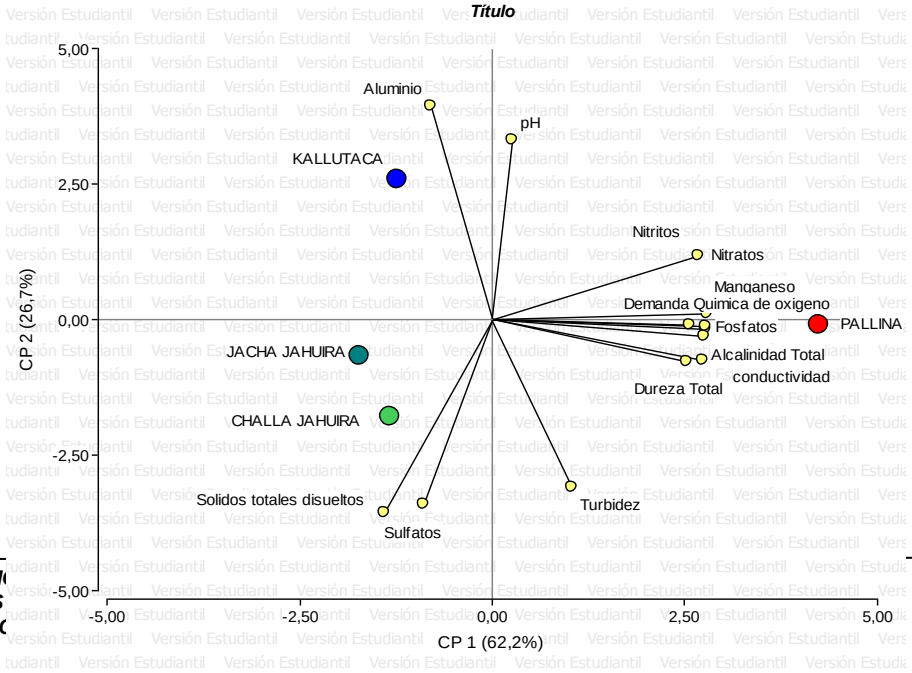
"alcalinidad total, fosfatos y demanda química de oxígeno" con peso positivo más alto (0,35), estás variables son las que más diferencian a los componentes químicos de las aguas. Asimismo, en el Eje 2 se destaca la variabilidad sólidos totales disueltos y, contenido de aluminio, variables no descritas en el Eje 1, es decir que estás variables también tienen peso para separar grupos de calidad de agua por ríos. La Variable sólidos totales disueltos es la que sirve más para diferenciar variabilidad.

Tabla 6. Componentes principales de las variables cuantitativas

Autovalores				Autovectores		
Lambda	Valor	Proporción	Prop Acum	Variables	e1	e2
1	8,09	0,62	0,62	pH	0,03	0,42
2	3,47	0,27	0,89	conductividad	0,34	-0,09
3	1,44	0,11	1	Turbidez	0,13	-0,39
4	0	0	1	Sólidos totales disueltos	-0,18	-0,45
5	0	0	1	Alcalinidad Total	0,35	-0,02
6	0	0	1	Dureza Total	0,32	-0,1
7	0	0	1	Aluminio	-0,1	0,5
8	0	0	1	Fosfatos	0,35	-0,02
9	0	0	1	Manganeso	0,32	-0,01
10	0	0	1	Nitratos	0,35	0,01
11	0	0	1	Nitritos	0,34	0,15
12	0	0	1	Sulfatos	-0,11	-0,43
13	0	0	1	Demanda Química de oxigeno	0,35	-0,04

Nota: Variables cuantitativas Fuente: Elaboración propia

Figura 2. Gráfico Biplot, componentes principales de las variables químicas cuantitativas y su relación con los ríos del municipio de Laja



Nota: la figura muestra las variables físicas y químicas. Fuente: (Elaboración propia)

4.3. Resultados sobre presencia de indicadores biológicos (macro invertebrados)

Se realizó el análisis de presencia e identificación de macroinvertebrados, según protocolo descrito en laboratorio especializado de la carrera de Medicina Veterinaria de la UPEA, de los cuatro ríos estudiados, los resultados son:

4.3.1. Muestra: Agua de vertiente rio Jacha Jauira

Se encontraron en las vertientes de las aguas, una muestra de 1000 ml un total de 3 individuos de la clase Crustaceas de la familia Hylellidae, las características se describen en el siguiente cuadro:

Tabla 7. Macro invertebrados encontrados en el rio Jacha Jahuira Municipio de Laja, Provincia Los Andes

Clase	Orden	familia	N.º
Crustácea	Amphipoda	Hyalellidae	3
Total			3

Nota: Elaboración propia

4.3.2. Muestra: Agua de Agua de vertiente rio Challa Jahuira

Se encontraron en las vertientes de las aguas, en una muestra de 1000 ml un total de 14 individuos, 10 de la clase Crustaceas de la familia Hylellidae, 4 de la clase Mollusca familia Planorbidae, las características se describen en la siguiente tabla:

Tabla 8. Macro invertebrados encontrados en el rio Challa Jahuira Municipio de Laja, Provincia Los Andes

Clase	**Orden**	**familia**	**Nº**
Crustácea	Amphipoda	Hyalellidae	10
Mollusca	Gasterópoda	Planorbidae	4
Total			14

Nota: Macro invertebrados en el rio Challa Jahuira Fuente: Elaboración propia

4.3.3. Muestra: Agua de Agua de vertiente rio Pallina

Se encontraron en las vertientes de las aguas, en una muestra de 1000 ml un total de 2 individuos de la familia Hylellidae, las características se describen en la siguiente tabla:

Tabla 9. Macro invertebrados encontrados en el rio Pallina Municipio de Laja, Provincia Los

Clase	Orden	familia	N.º
Crustácea	Amphipoda	Hyalellidae	2
Total			**2**

Andes

Nota: Macro invertebrados en el rio Pallina Fuente: Elaboración propia

4.3.4. Muestra: Agua de Agua de vertiente rio Kallutaca

Se encontraron en las vertientes de las aguas del rio de Kallutaca, en una muestra de 1000 ml un total de 81 individuos, 24 de la clase Crustácea, 22 de la clase Mollusca, 10 de la clase Insecta y 25 Zooplancton.

Tabla 10. Macro invertebrados encontrados en el rio Kallutaca Municipio de Laja, Provincia Los Andes

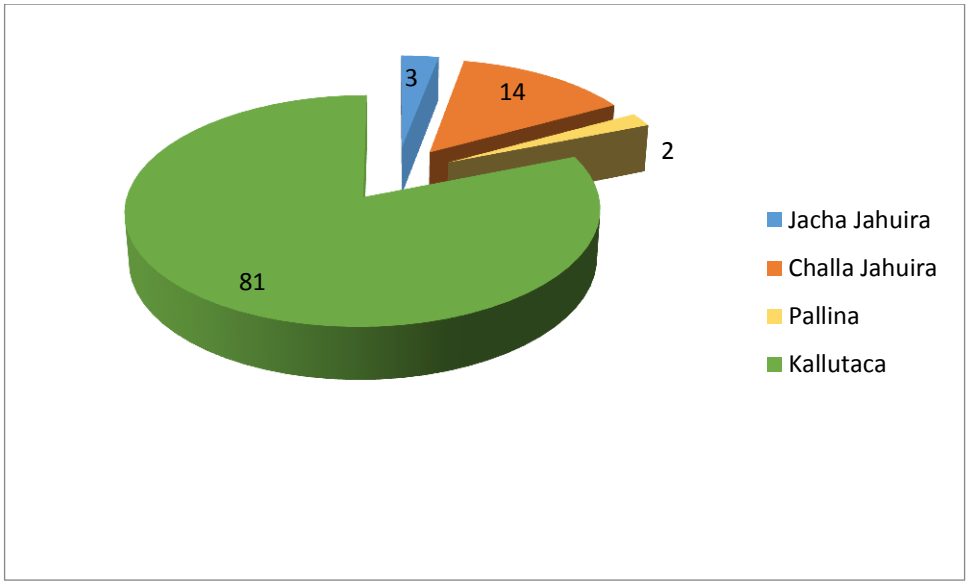
Clase	Orden	familia	N.º
Crustácea	Amphipoda	Hyalellidae	24
Mollusca	Bivalva	Sphaeriidae	12
Mollusca	Gasterópoda	Planorbidae	10
Insecta	Odonata	Libellulidae	4
Insecta	Odonata	Aeshidae	6
Zooplancton			25
Total			81

Nota: Macro invertebrados en el rio Kallutaca Fuente: Elaboración propia

3.4.5. Evaluación de presencia de macro invertebrados

De cuatro muestras de agua tomadas se identificaron 100 micro invertebrados en los ríos de estudio, de los cuales el cuadro 6 muestra que el 81% se encuentran en el rio de Kallutaca, 14 en Challa Jahuira, 3 en Jacha Jahuira y solamente 2 en Pallina. Datos que nos hace inferir que el rio Pallina es el que tiene más afectado la calidad del agua.

Figura 3. Porcentaje de presencia de Macro invertebrados



Nota: presencia de macro invertebrados. Fuente: (Elaboración propia).

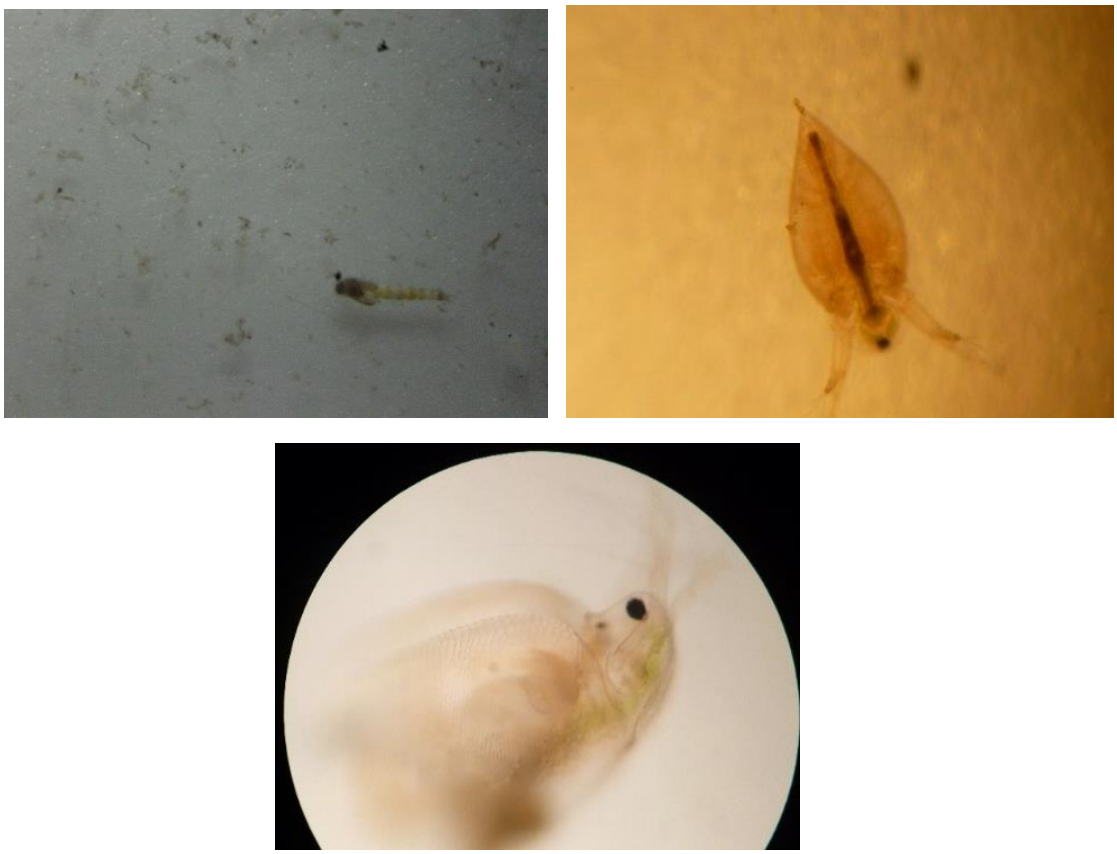
4.3.5. Identificación de macroinvertebrados en diferentes ríos del municipio de laja

En la identificación de macroinvertebrados se encontraron los siguientes:

Figura 4. Identificación de Macro invertebrados

Nota: variedad de macro invertebrados. Fuente: (Elaboración propia)

Figura 5. Identificación de Macro invertebrados



Nota: variedad de macro invertebrados Fuente: (Elaboración propia).

En relación a los dos semestres del año, la diferencia se relaciona a gran medida por las diferentes estaciones y meses, ya que por el primer semestre se observó grandes caudales por las lluvias que se presentan por los meses de febrero y marzo, así mismo se observó una baja presencia de macro invertebrados ya que las corrientes de agua no benefician de cierta manera al hábitat de los macro invertebrados.

En relación a las variables físicas existe una relativa diferencia precisamente con la estación del año, esto debido a las corrientes de agua e incremento de la misma. En las siguientes tablas se puede observar las diferencias entre ambos semestres del año y sus variables físico-químicos.

Tabla 11. Variables físico químicos de las vertientes de los ríos del municipio de laja del primer semestre del año

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	METODO	REFERENCIA NB LEY 1333
pH	8,1	Unidad de pH	NB 31001:2014	60-90
conductividad	491,4	uS/cm	Standard Methods	Sin norma de referencia
Turbidez	8,08	UNT	NB 514:2016	<50
Cloro libre	< RT	mg/L	HACH-80	Sin norma de referencia
Solidos totales disueltos	245,65	mg/L	Standard Methods	1000
Alcalinidad Total	90,3	mg/L de CaCO3	HACH-TNT870	Sin norma de referencia
Dureza Total	168	mg/L de CaCO3	HACH-8213	Sin norma de referencia
Aluminio	0,03	mg/L	HACH-8326	0,5 c. 1L
Fosfatos	0,05	mg/L	HACH-490	0,5 c.
Cobre	<RT	mg/L	HACH-135	1.0
Hierro Total	<RT	mg/L	HACH-265	Sin norma de referencia
Manganeso	0,089	mg/L	HACH-8149	1.0 c
Nitratos	0,5	mg/L	HACH-355	50.0 c N03
Nitritos	0,006	mg/L	HACH-371	1.0 CN
Sulfatos	90	mg/L	HACH-680	400
Demanda Quimica de oxigeno	6,4	mg/L DQL	HACH-391	<10

Nota: Variables físico químicos del agua Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Variables físico químicos de las vertientes de los ríos del municipio de laja, del segundo semestre del año

PARAMETRO	*RESULTADO*	*UNIDAD*	*METODO*	*REFERENCIA NB LEY 1333*
pH	*7,42*	*Unidad de pH*	*NB 31001:2014*	*60-90*
conductividad	*484,75*	*uS/cm*	*Standard Methods*	*Sin norma de referencia*
Turbidez	*33,85*	*UNT*	*NB 514:2016*	*<50*
Cloro libre	*< RT*	*mg/L*	*HACH-80*	*Sin norma de referencia*
Solidos totales disueltos	*242,5*	*mg/L*	*Standard Methods*	*1000*
Alcalinidad Total	*78,7*	*mg/L de CaCO3*	*HACH-TNT870*	*Sin norma de referencia*
Dureza Total	*128*	*mg/L de CaCO3*	*HACH-8213*	*Sin norma de referencia*
Aluminio	*0,03*	*mg/L*	*HACH-8326*	*0,5 c. 1L*
Fosfatos	*0,16*	*mg/L*	*HACH-490*	*0,5 c.*
Cobre	*<RT*	*mg/L*	*HACH-135*	*1.0*
Hierro Total	*0,47*	*mg/L*	*HACH-265*	*Sin norma de referencia*
Manganeso	*0,283*	*mg/L*	*HACH-8149*	*1.0 c*
Nitratos	*1*	*mg/L*	*HACH-355*	*50.0 c N03*
Nitritos	*0,005*	*mg/L*	*HACH-371*	*1.0 CN*
Sulfatos	*80*	*mg/L*	*HACH-680*	*400*
Demanda Química de oxigeno	*4*	*mg/L DQL*	*HACH-391*	*<10*

Nota: Variables físico quimico de agua Fuente: Elaboración propia

CAPITUVO V. CONCLUSIONES

Se evaluó la calidad de agua en 4 ríos, usando 16 parámetros, variables cuantitativas (PH, Conductividad, Turbidez, Cloro libre, Sólidos totales disueltos, Alcalinidad total, Dureza total, Aluminio, Fosfatos, Cobre, Hierro Total, Manganeso, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Demanda y Química de oxígeno). Se compararon los resultados de los cuatro ríos, según los parámetros químicos. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p<0.05$) para 3 variables (aluminio, fosfatos y nitritos), las demás registraron no significativo. La Variable PH registro en menos coeficiente de Variación 4.43 % y la variable Fosfatos registro mayor CV = 196.14 %.

Respecto a la evaluación de indicadores biológicos se determinó que de cuatro muestras de agua tomadas se identificaron 100 micro invertebrados en los ríos de estudio, de los cuales el cuadro 6 muestra que el 81% se encuentran en el rio de Kallutaca, 14 en Challa Jahuira, 3 en Jacha Jahuira y solamente 2 en Pallina. Datos que nos hace inferir que el rio Pallina es el que tiene más afectado la calidad del agua.

En relación a los dos semestres del año, la diferencia se relaciona a gran medida por las diferentes estaciones y meses, ya que por el primer semestre se observó grandes caudales por las lluvias que se presentan por los meses de febrero y marzo, así mismo se observó una baja presencia de macro invertebrados ya que las corrientes de agua no benefician de cierta manera al hábitat de los macro invertebrados.

CAPITULO VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda continuar con estudios relacionados a la evaluación de variables físicas, químicas e indicadores biológicos en otros ríos de diferentes municipios, para observar e identificar la contaminación de los ríos.

Realizar la taxonomización de algunos macro invertebrados que no existen en referencias bibliográficas.

Continuar con estos estudios y realizar proyectos para cultivar algunos peces, ya que en algunos ríos pueden ser aptos para la producción piscícola.

BIBLIOGRAFIA

Aguilera, X. & E. Goitia. 1999. Estructura de la comunidad zoobentónica de la laguna Bufeos (Cochabamba, Bolivia). Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 6: 55-64.

Aruquipa, C., Quispe, E. y Zuñiga, D. (2020). Identificación de macro invesrtebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua en el municipio de Achocalla del departamento de La Paz. Revista ciencia animal nº5.

Alba - Tercedor, J., Pardo, I., Prat, N., y Pujante, A. (2005). Metodología para el establecimiento el estado ecológico segun la directiva marco del agua: protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos. Zaragoza, España: Confederación Hidrográfica del Ebro. p. 59.

Alba - Tercedor. J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de los ríos. IV Simposio del Agua de Andalucía (SIAGA), Almería, 2: 203 - 213. ISBN.: 84-7840 262-4. Universidad de Granada.

APHA. (american public health association, US): AWWA (american water works association) 1995. Metodos normalizados para el análisis de agua potables y residuales. Madrid, Diaz de Santos.

Arias, A. Y. (2010). Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos

Bonada, N. (2015). Els macroinvertebrats aquatics dells ecosystems fluvials. LÁTZAVARA, 25: 37-48.

Chapman, d 1996. Water quality assessment. A guide to use of biota, sediments an water environmental monitoring 2 ed. London. Pág. 626.

Colombia: Editorial de la Universidad de Antioquia. Medellín, p. 170.

Colombiana. Ciencia. Ex. Fis. Nat. 40(155):254-274.

De El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos: índice biológico a nivel de

Domínguez, E., y Fernández, H. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos.

familias de invertebrados acuáticos en El Salvador (IBF-SV-2010). Proyecto

GOBIERNO MUNICIPAL DE LAJA, *Plan de Desarrollo Municipal* (PDM) 2010. La Paz, Bolivia

González, G., Ramírez Y., Meza, A. M., y Díaz, L. (2011). Diversidad de guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica. (Tesis de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua. ISSN 0123 - 3068. Bol.museum.history.natural, 16 (2): 135 – 148 maestría). Universidad Nacional de Colombia, Leticia, Colombia, p. 64.

Hen. J.d. 1985. Study and interpretation of the chemical characteristic of natural water. 3 ed. USA. Pag.225.

Maldonado, M., E. Goitia, F. Aeosta, M. Cadima & D. Caste1l6n. 1996. Caracterización limnologica de lagunas en la llanura aluvial del Río Ichilo de Cochabamba (Bolivia). Revista Boliviana de Ecología y Conservación Ambiental 1: 3-20.

Márquez, G., 1996.- Ecosistemas estratégicos y otros estudios de ecología ambiental. Satafé de Bogotá,

OMS. (Organización mundial de la salud, us) 1998 guías para la calidad del agua potable vigilancia y control de los abastecimientos de agua la comunidad. 2 ed. Ginebra. Pag.255.

OMS. (Organización mundial de la salud, us) 1999 guías para la calidad del agua potable. Volumen 1. 2 ed. Ginebra. OMS. Pag.40.

Orozco, B.C.; Pérez, S.A.; Gonzales d.m.n; Rodríguez v.f.; alfayate b.j.m. 2005. Contaminación Ambiental. Una visión desde la química. Madrid España. Pág. 97-100.

Orrego, N., Londoño, F. & rojas, E. 1999. Manejo eficiente del recurso hídrico en las microcuencas. Tesis: Universidad de Caldas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de recursos naturales y Medio Ambiente, Manizales

Pacheco Avila J.; Pat Canul R.; cabrera S. 2002. Análisis del ciclo de nitrógeno en el medio ambiente con relación al agua subterranea y su efecto en los seres vivos. ingeniería revista académica. México.

Perdomo C.H.; Casanova O.N.; Ciganda V.S. 2001. Contaminación de aguas subterráneas con nitritos y coliformes en la litoral sudoeste del Uruguay. Agrociencia.

Rojas, r. 2002. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima centro panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del ambiente. Pág. 353.

Roldan, (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. Revista. Académica.

Roldan. (1992). Fundamentos de Limnología neotropical. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia, p. 529.

Roldan. (2003). Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP.

Sánchez, H., 1999.- Enfoque ambiental de los problemas del recurso hídrico. Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (cuadernos técnico-científicos). Bogotá.

Sermeño, J. M., Cervantes, L., Springer, M., Paniagua, M. R., Pérez, D., Rivas, A. W…

Sistemática y biología. Tucuman, Argentina: Fundación Miguel Lillo, p. 656.

Tassi, F.; Vaselli, O, Compaccioni, B.; Giolito, C.; Duarte, E.; Fernandez, E. 2005. The hidrothermal- volcanic system of rincon de la vieja volcano. Costa rica Universidad de El Salvador (UES) - Organización de los Estados Americanos (OEA). San Salvador, El Salvador: Editorial Universitaria UES, p. 44.

Fonasa 2013. Manual práctico de análisis de agua 4 ed. Brasilia.

Yumbo, K., Lleer, V., Espinoza, W., Campos, D., Castro, R., & Chirinos, D. (2018). Determinación de la Calidad de Aguas Mediante Indicadores Biológicos y Físico-químicos en el Río Pajan, Manabí, Ecuador. *INVESTIGATIO*, (10), 32-40. https://doi.org/10.31095/irr.v0i10.184

ANEXOS

Anexo A. Toma de muestras de agua en diferentes ríos del municipio de laja

Fuente: Emilio Mamani.

Anexo B. Toma de muestras de agua en diferentes ríos del municipio de laja

Fuente: Emilio Mamani.

Anexo C. Análisis físicas del agua in situ

Fuente: Emilio Mamani

Anexo D. Determinación del pH en rio de pallina del municipio de laja.

Fuente: Henry Condori

Anexo E. Identificación de diferentes ríos del municipio de laja.

a) Rio Jacha jahuira

b) Rio Challa Jauira

c) Rio Pallina

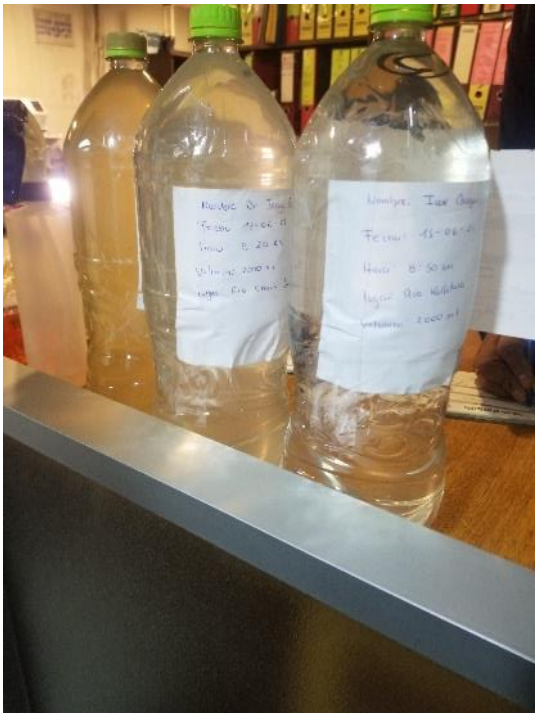
d) Rio Kallutaca

Fuente: Ivar Choquehuanca

Anexo F. envío de muestras de agua al INLASA

Fuente: Henry Condori

Anexo G. Recepción de muestras de agua al INLASA



Fuente: Ivar Choquehuanca

Anexo H. Identificación de macro invertebrado en LACLIVEA.

Fuente: Emilio Mamani

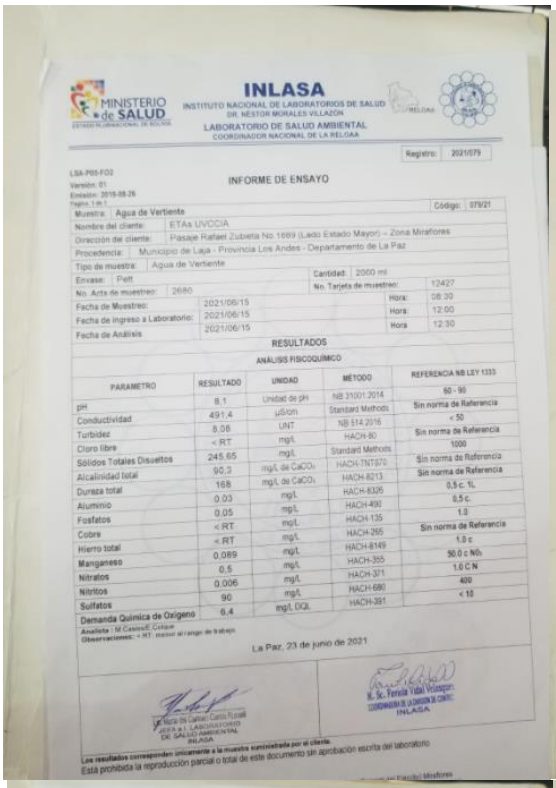
Anexo I. Identificación de macro invertebrados en LACLIVEA

Fuente: Emilio Mamani

Anexo J. Identificación de macro invertebrados en LACLIVEA

Fuente: Emilio Mamani

Anexo K. Resultados de INLASA, variables físicos y químicos del agua.



MINISTERIO de SALUD

INLASA

INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA

Registro: 2021/079

LSA-P05-FO2 Versión: 01 Emisión: 2019-08-26 Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO

Muestra:	Agua de Vertiente		Código: 079/21
Nombre del cliente:	ETAs UVCCIA		
Dirección del cliente:	Pasaje Rafael Zubieta No.1889 (Lado Estado Mayor) – Zona Miraflores		
Procedencia:	Municipio de Laja - Provincia Los Andes - Departamento de La Paz		
Tipo de muestra:	Agua de Vertiente		
Envase:	Pett	Cantidad: 2000 ml	
No. Acta de muestreo:	2680	No. Tarjeta de muestreo:	12427
Fecha de Muestreo:	2021/06/15	Hora:	08:30
Fecha de ingreso a Laboratorio:	2021/06/15	Hora:	12:00
Fecha de Análisis	2021/06/15	Hora	12:30

RESULTADOS

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	REFERENCIA NB LEY 1333
pH	8,1	Unidad de pH	NB 31001:2014	60 - 90
Conductividad	491,4	µS/cm	Standard Methods	Sin norma de Referencia
Turbidez	8,08	UNT	NB 514:2016	< 50
Cloro libre	< RT	mg/L	HACH-80	Sin norma de Referencia
Sólidos Totales Disueltos	245,65	mg/L	Standard Methods	1000
Alcalinidad total	90,3	mg/L de $CaCO_3$	HACH-TNT870	Sin norma de Referencia
Dureza total	168	mg/L de $CaCO_3$	HACH-8213	Sin norma de Referencia
Aluminio	0,03	mg/L	HACH-8326	0,5 c. 1L
Fosfatos	0,05	mg/L	HACH-490	0,5 c.
Cobre	< RT	mg/L	HACH-135	1,0
Hierro total	< RT	mg/L	HACH-265	Sin norma de Referencia
Manganeso	0,089	mg/L	HACH-8149	1,0 c
Nitratos	0,5	mg/L	HACH-355	50,0 c NO_3
Nitritos	0,006	mg/L	HACH-371	1,0 C N
Sulfatos	90	mg/L	HACH-680	400
Demanda Química de Oxigeno	6,4	mg/L DQL	HACH-391	< 10

Analista : M.Cassia/E.Colque

Observaciones: < RT: menor al rango de trabajo

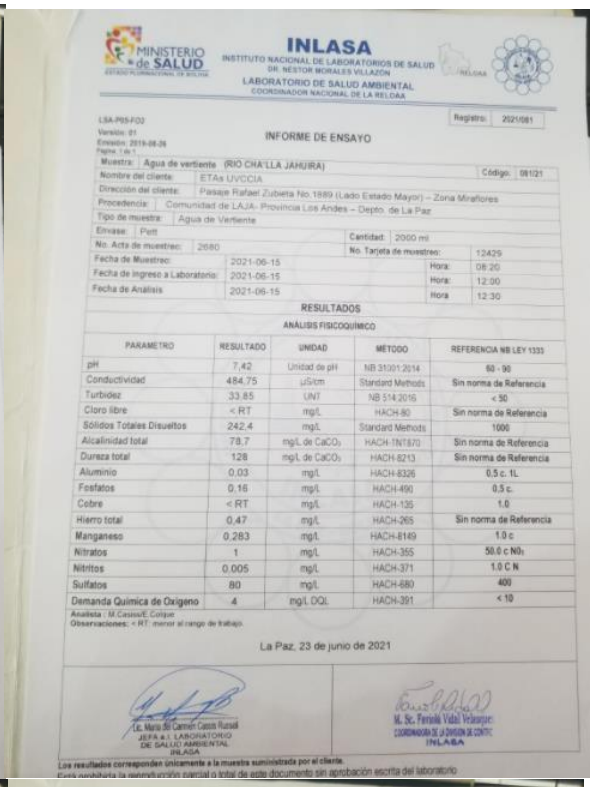
La Paz, 23 de junio de 2021

Lic. María del Carmen Cassa Rutsal JEFA a.i. LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA

M. Sc. Fernela Vidal Velasquez COORDINADORA DE LA DIVISIÓN DE CONTROL INLASA

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.

Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio



MINISTERIO de SALUD

INLASA

INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA

Registro: 2021/081

LSA-P05-FO2 Versión: 01 Emisión: 2019-08-26 Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO

Muestra:	Agua de vertiente (RIO CHA´LLA JAHUIRA)		Código: 081/21
Nombre del cliente:	ETAs UVCCIA		
Dirección del cliente:	Pasaje Rafael Zubieta No.1889 (Lado Estado Mayor) – Zona Miraflores		
Procedencia:	Comunidad de LAJA- Provincia Los Andes – Depto. de La Paz		
Tipo de muestra:	Agua de Vertiente		
Envase:	Pett	Cantidad: 2000 ml	
No. Acta de muestreo:	2680	No. Tarjeta de muestreo:	12429
Fecha de Muestreo:	2021-06-15	Hora:	08:20
Fecha de ingreso a Laboratorio:	2021-06-15	Hora:	12:00
Fecha de Análisis	2021-06-15	Hora	12:30

RESULTADOS

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	REFERENCIA NB LEY 1333
pH	7,42	Unidad de pH	NB 31001:2014	60 - 90
Conductividad	484,75	µS/cm	Standard Methods	Sin norma de Referencia
Turbidez	33,85	UNT	NB 514:2016	< 50
Cloro libre	< RT	mg/L	HACH-80	Sin norma de Referencia
Sólidos Totales Disueltos	242,4	mg/L	Standard Methods	1000
Alcalinidad total	78,7	mg/L de $CaCO_3$	HACH-TNT870	Sin norma de Referencia
Dureza total	128	mg/L de $CaCO_3$	HACH-8213	Sin norma de Referencia
Aluminio	0,03	mg/L	HACH-8326	0,5 c. 1L
Fosfatos	0,16	mg/L	HACH-490	0,5 c.
Cobre	< RT	mg/L	HACH-135	1,0
Hierro total	0,47	mg/L	HACH-265	Sin norma de Referencia
Manganeso	0,283	mg/L	HACH-8149	1,0 c
Nitratos	1	mg/L	HACH-355	50,0 c NO_3
Nitritos	0,005	mg/L	HACH-371	1,0 C N
Sulfatos	80	mg/L	HACH-680	400
Demanda Química de Oxigeno	4	mg/L DQL	HACH-391	< 10

Analista : M.Cassia/E.Colque

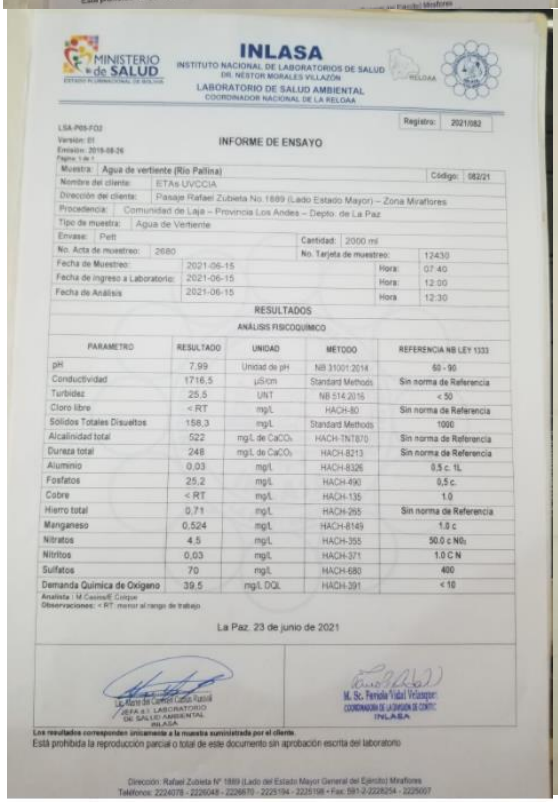
Observaciones: < RT: menor al rango de trabajo

La Paz, 23 de junio de 2021

Lic. María del Carmen Cassa Rutsal JEFA a.i. LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA

M. Sc. Fernela Vidal Velasquez COORDINADORA DE LA DIVISIÓN DE CONTROL INLASA

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.



MINISTERIO de SALUD

INLASA

INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA

Registro: 2021/082

LSA-P05-FO2 Versión: 01 Emisión: 2019-08-26 Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO

Muestra:	Agua de vertiente (Rio Pallina)		Código: 082/21
Nombre del cliente:	ETAs UVCCIA		
Dirección del cliente:	Pasaje Rafael Zubieta No.1889 (Lado Estado Mayor) – Zona Miraflores		
Procedencia:	Comunidad de Laja – Provincia Los Andes – Depto. de La Paz		
Tipo de muestra:	Agua de Vertiente		
Envase:	Pett	Cantidad: 2000 ml	
No. Acta de muestreo:	2680	No. Tarjeta de muestreo:	12430
Fecha de Muestreo:	2021-06-15	Hora:	07:40
Fecha de ingreso a Laboratorio:	2021-06-15	Hora:	12:00
Fecha de Análisis	2021-06-15	Hora	12:30

RESULTADOS

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	REFERENCIA NB LEY 1333
pH	7,99	Unidad de pH	NB 31001:2014	60 - 90
Conductividad	1716,5	µS/cm	Standard Methods	Sin norma de Referencia
Turbidez	25,5	UNT	NB 514:2016	< 50
Cloro libre	< RT	mg/L	HACH-80	Sin norma de Referencia
Sólidos Totales Disueltos	158,3	mg/L	Standard Methods	1000
Alcalinidad total	522	mg/L de $CaCO_3$	HACH-TNT870	Sin norma de Referencia
Dureza total	248	mg/L de $CaCO_3$	HACH-8213	Sin norma de Referencia
Aluminio	0,03	mg/L	HACH-8326	0,5 c. 1L
Fosfatos	25,2	mg/L	HACH-490	0,5 c.
Cobre	< RT	mg/L	HACH-135	1,0
Hierro total	0,71	mg/L	HACH-265	Sin norma de Referencia
Manganeso	0,524	mg/L	HACH-8149	1,0 c
Nitratos	4,5	mg/L	HACH-355	50,0 c NO_3
Nitritos	0,03	mg/L	HACH-371	1,0 C N
Sulfatos	70	mg/L	HACH-680	400
Demanda Química de Oxigeno	39,5	mg/L DQL	HACH-391	< 10

Analista : M.Cassia/E.Colque

Observaciones: < RT: menor al rango de trabajo

La Paz, 23 de junio de 2021

Lic. María del Carmen Cassa Rutsal JEFA a.i. LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA

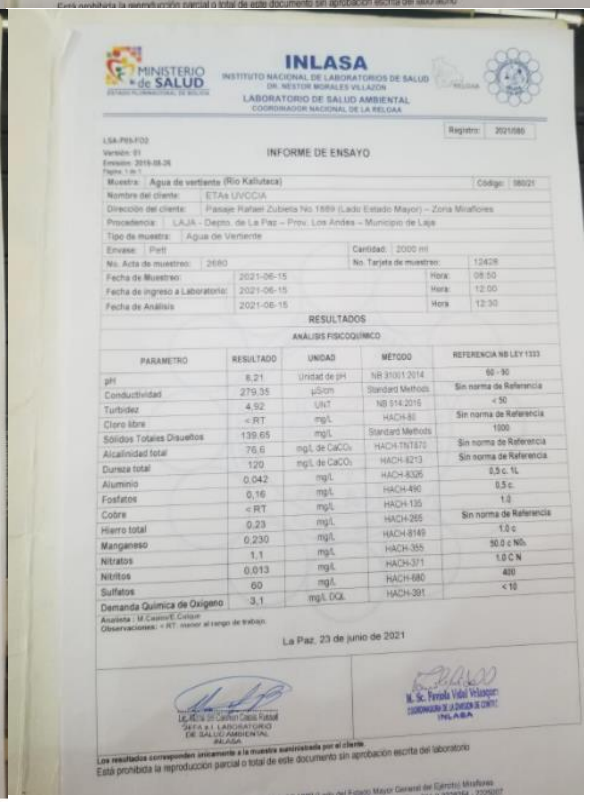
M. Sc. Fernela Vidal Velasquez COORDINADORA DE LA DIVISIÓN DE CONTROL INLASA

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.

Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio

Dirección: Rafael Zubieta N° 1889 (Lado del Estado Mayor General del Ejército) Miraflores

Teléfonos: 2224078 - 2226048 - 2226670 - 2225194 - 2225198 • Fax: 591-2-2228254 - 2225007



MINISTERIO de SALUD

INLASA

INSTITUTO NACIONAL DE LABORATORIOS DE SALUD DR. NÉSTOR MORALES VILLAZÓN

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL

COORDINADOR NACIONAL DE LA RELOAA

Registro: 2021/080

LSA-P05-FO2 Versión: 01 Emisión: 2019-08-26 Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO

Muestra:	Agua de vertiente (Rio Kalluteca)		Código: 080/21
Nombre del cliente:	ETAs UVCCIA		
Dirección del cliente:	Pasaje Rafael Zubieta No.1889 (Lado Estado Mayor) – Zona Miraflores		
Procedencia:	LAJA - Depto. de La Paz – Prov. Los Andes – Municipio de Laja		
Tipo de muestra:	Agua de Vertiente		
Envase:	Pett	Cantidad: 2000 ml	
No. Acta de muestreo:	2680	No. Tarjeta de muestreo:	12428
Fecha de Muestreo:	2021-06-15	Hora:	08:50
Fecha de ingreso a Laboratorio:	2021-06-15	Hora:	12:00
Fecha de Análisis	2021-06-15	Hora	12:30

RESULTADOS

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO

PARAMETRO	RESULTADO	UNIDAD	MÉTODO	REFERENCIA NB LEY 1333
pH	8,21	Unidad de pH	NB 31001:2014	60 - 90
Conductividad	279,35	µS/cm	Standard Methods	Sin norma de Referencia
Turbidez	4,92	UNT	NB 514:2016	< 50
Cloro libre	< RT	mg/L	HACH-80	Sin norma de Referencia
Sólidos Totales Disueltos	139,65	mg/L	Standard Methods	1000
Alcalinidad total	76,6	mg/L de $CaCO_3$	HACH-TNT870	Sin norma de Referencia
Dureza total	120	mg/L de $CaCO_3$	HACH-8213	Sin norma de Referencia
Aluminio	0,042	mg/L	HACH-8326	0,5 c. 1L
Fosfatos	0,16	mg/L	HACH-490	0,5 c.
Cobre	< RT	mg/L	HACH-135	1,0
Hierro total	0,23	mg/L	HACH-265	Sin norma de Referencia
Manganeso	0,230	mg/L	HACH-8149	1,0 c
Nitratos	1,1	mg/L	HACH-355	50,0 c NO_3
Nitritos	0,013	mg/L	HACH-371	1,0 C N
Sulfatos	60	mg/L	HACH-680	400
Demanda Química de Oxigeno	3,1	mg/L DQL	HACH-391	< 10

Analista : M.Cassia/E.Colque

Observaciones: < RT: menor al rango de trabajo

La Paz, 23 de junio de 2021

Lic. María del Carmen Cassa Rutsal JEFA a.i. LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL INLASA

M. Sc. Fernela Vidal Velasquez COORDINADORA DE LA DIVISIÓN DE CONTROL INLASA

Los resultados corresponden únicamente a la muestra suministrada por el cliente.

Está prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin aprobación escrita del laboratorio

Fuente: INLASA