UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLÍVAR

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA:

ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE IRRIGACIÓN EN LOS SECTORES DE ATANDAHUA Y CURGUA Y SU INCIDENCIA EN LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS.

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, Carrera de agroindustria.

Autores:

MARÍA BELÉN LÓPEZ ROMO

BRIHAN MARCELO LUCIO VARGAS

Tutor:

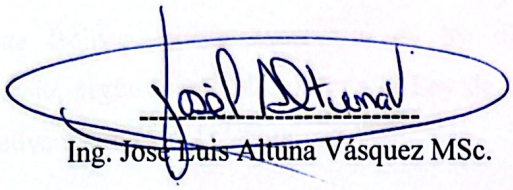
Ing. JOSÉ LUIS ALTUNA VÁSQUEZ MSc.

Guaranda – Ecuador

2026

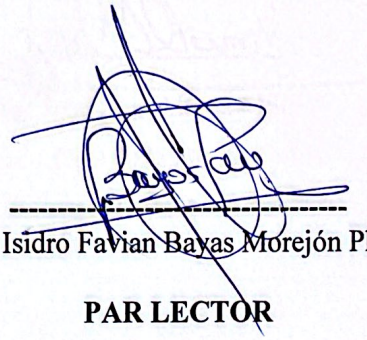
ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE IRRIGACIÓN EN LOS SECTORES DE ATANDAHUA Y CURGUA Y SU INCIDENCIA EN LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS.

REVISADO Y APROBADO POR:



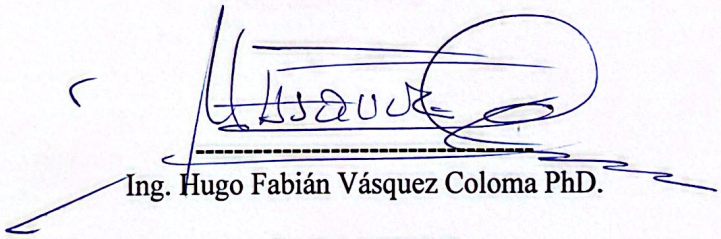
Ing. José Luis Altuna Vásquez MSc.

TUTOR



Ing. Isidro Favian Bayas Morejón PhD.

PAR LECTOR



Ing. Hugo Fabián Vásquez Coloma PhD.

PAR LECTOR

NOTARÍA TERCERA
Msc. Ab. Henry Rojas Narváez
GUARANDA - ECUADOR

CERTIFICACIÓN DE AUTORIA

Yo, María Belén López Romo, con CI 1850175959 y Brihan Marcelo Lucio Vargas, con CI 0202057345 declaro que el trabajo y los resultados presentados en este informe, no han sido previamente presentados para ningún grado o calificación profesional; y, que las referencias bibliográficas que se incluyen han sido consultadas y citadas con su respectivo autor(es).

La Universidad Estatal de Bolívar, puede hacer uso de los derechos de publicación correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, su Reglamentación y la Normativa Institucional vigente.

Ing. José Luis Altuna MSc.
CI: 1802538056
TUTOR

María Belén López Romo
CI: 1850175959
AUTOR

Brihan Marcelo Lucio Vargas
CI: 0202057345
AUTOR

Notaría Tercera del Cantón Guaranda
Msc.Ab. Henry Rojas Narvaez
Notario

....rio

No. ESCRITURA	20260201003P03484

DECLARACION JURAMENTADA
OTORGADA POR:
LUCIO VARGAS BRIHAN MARCELO y
LOPEZ ROMO MARIA BELEN
CUANTIA: INDETERMINADA
DI: 2 COPIAS Factura: 001-001-000017109
M.CH.

En la ciudad de Guaranda, capital de la provincia Bolívar, República del Ecuador, hoy veinte de octubre del dos mil veintiséis, ante mi Abogado **HENRY ROJAS NARVAEZ**, Notario Público Tercero del Cantón Guaranda, comparecen los señores LUCIO VARGAS BRIHAN MARCELO, soltero, domiciliado en el cantón San José de Chimbo, provincia de Bolívar y de paso por este lugar, con celular número 0992101256, correo electrónico es lbrihan2@gmail.com; y, LOPEZ ROMO MARIA BELEN soltera, domiciliada en la ciudad de Ambato, provincia de Tungurahua y de paso por este lugar, con celular número 0999020323, correo electrónico es mariabelenlopezromo@gmail.com, por sus propios derechos, obligarse a quienes de conocerlas doy fe; en virtud de haberme exhibido su documento de identificación, y de autorizar se obtenga el Certificado Único del Registro Civil para ser agregado, conforme el artículo setenta y cinco de la LEY ORGÁNICA DE GESTIÓN DE LA IDENTIDAD Y DATOS CIVILES (LOGIDC); en cumplimiento de la Ley Notarial, la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales (LOPDP) y su Reglamento General (RLOPDP), los datos personales proporcionados en este documento son autorizados por los comparecientes al Notario para su uso, verificación, tratamiento y archivo, los cuales reposarán además en los libros de la Notaría Tercera del cantón Guaranda conforme lo prevé la Ley Notarial; bien instruidas por mí el Notario con el objeto y resultado de esta escritura pública a la que procede libre y voluntariamente. Advertidas las comparecientes por mí el notario de los efectos y resultados de esta escritura, comparecen al otorgamiento de esta escritura sin coacción, amenazas, temor reverencial, ni promesa o seducción, me presenta su declaración Bajo Juramento que dicen: Declaramos que el presente PROYECTO DE INVESTIGACIÓN, previo a la obtención del título de Ingenieros Agroindustriales, otorgado por la Universidad Estatal de Bolívar a través de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente, carrera de Agroindustria, con el tema: **"ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE IRRIGACIÓN EN LOS SECTORES DE ATANDAHUA Y CURGUA Y SU INCIDENCIA EN LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS"**, es de nuestra exclusiva responsabilidad en calidad de autoras. Es todo cuanto podemos declarar en honor a la verdad, la misma que la hago para los fines legales pertinentes. **HASTA AQUÍ LA DECLARACIÓN JURADA**. La misma que queda elevada a escritura pública con todo su valor legal. Para el otorgamiento de la presente escritura pública se observaron todos los preceptos legales del caso, leída que le fue a las comparecientes por mí el Notario en unidad de acto, aquellas se ratifican y firma conmigo se incorpora al protocolo de esta Notaria la presente escritura, de todo lo cual doy fe.-

LUCIO VARGAS BRIHAN MARCELO
C.C. 0202057345

LOPEZ ROMO MARIA BELEN
C.C. 1850175959

ABOGADO HENRY ROJAS NARVAEZ
NOTARIO PUBLICO TERCERO DEL CANTON GUARANDA

Certificado de análisis
Compilatio Magister+ | UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR (UEB)

TESIS Belen Lopez y Brithan Lucio

6%
Textos sospechosos

Nombre del fichero : TESIS Belen Lopez y Brithan Lucio.rtf
Tamaño del archivo original : 62.82 MB
Número de palabras : 21,508

Depositante : JOSE LUIS ALTUNA VASQUEZ
Fecha de depósito : 15 de octubre de 2024
Tipo de carga : interface
Fecha de fin de análisis : 15 de octubre de 2024

Resumen (sección 1/2)

Localización de los textos sospechosos en el documento :

Incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Similitudes — 6%

Pasajes con similitudes a fuentes encontradas en diferentes colecciones.

Detección de IA — 5%

Textos con formulaciones estilísticamente similares a las de un texto generado por IA.
Este índice es un indicador y no una prueba. Comprueba con el autor si domina los conocimientos mencionados en el documento.

Idiomas no reconocidos — 4%

Pasajes en los que parte del vocabulario utilizado no forma parte del diccionario de la lengua.
Puede tratarse de un intento del autor de modificar el texto para evitar ser detectado.

No incluido en el porcentaje de textos sospechosos :

Textos entre comillas — 0%

Pasajes entre comillas, a menudo indicativos de una cita.

DEDICATORIA

De manera muy especial, dedico este logro con profunda gratitud y amor a mis padres, Marcelo Lucio y Sarita Vargas por impulsarme siempre a superar mis propios límites y brindarme las herramientas para construir mi futuro, con todo el esfuerzo que vivimos y a pesar de las adversidades estamos cumpliendo el sueño anhelado de muchos años.

A mis hermanas, Adriana, Pauleth y Mauren por su apoyo fraternal, la complicidad en cada etapa y sus palabras de aliento cuando más las necesité.

A Benjamín mi sobrinito por ser motivo de alegría constante y para poder seguir superándome.

A Belén, mi pareja que, por su paciencia, amor y respaldo constante en cada día de este proceso, por esos momentos más difíciles y los inolvidables que hoy por hoy estamos cumpliendo el mismo objetivo que habíamos coincidido hace los primeros ciclos de nuestra carrera.

Y finalmente a mi estimado amigo Martín, por su lealtad, buenos momentos y sincera amistad que por mucho tiempo ha sido la persona de confianza.

A todos ustedes, mi eterna gratitud por acompañarme a culminar con éxito este gran sueño.

Brihan Marcelo Lucio Vargas

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, a mi Virgencita del Perpetuo Socorro y del Cisne, también a mi Señor del Consuelo, porque con la fe intacta con la cual siempre me mantuve bendecida en este camino.

A mis padres, por ser mi guía y mi sustento en cada momento, por haber confiado en mí durante todo este proceso universitario. y nunca haberme dejado sola, por cada uno de sus consejos y apoyo incondicional, de igual forma a mis hermanos, por todo el apoyo brindado así a mí, así como a mi sobrina, por ser mi inspiración y fortaleza.

A Brihan, porque nunca me dejó sola en esta etapa universitaria; siempre fue mi cómplice en todo este proceso en el que fuimos cumpliendo el sueño con el que empezamos y el cual hoy estamos culminando. Gracias por todo el cariño y compañía, los cuales fueron de gran ayuda para mí en cada instancia.

A la Universidad Estatal de Bolívar por haberme abierto las puertas, especialmente a mi carrera de Agroindustrias; a cada uno de los docentes que impartieron sus conocimientos, y en especial a mi tutor, el Ing. José Luis Altuna, por su acompañamiento, paciencia y dedicación hacia nuestro proyecto de investigación. Así como a los ingenieros Hugo Vásquez, Favián Bayas, Patricia Iza, Darwin Núñez y Julissa Borja por cada una de sus sugerencias, comprensión y orientación en este proceso.

Agradezco de igual forma al Departamento de Investigación y Vinculación de la UEB por abrirnos las puertas para cada uno de los análisis que requeríamos en nuestro proyecto de investigación, y al grupo AGROPROBIEPED por su apoyo y colaboración en nuestra investigación.

Finalmente, a mis seres queridos que han estado al pendiente de este proceso tan importante para mí y a mis amigas Sarahi y Jennifer, por haber estado de inicio a fin en mi proceso universitario con sus palabras de aliento y ánimo hacia mí.

María Belén López Romo

AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi churonita del Cisne y a mi Señor de la Divina Justicia por ser la luz en mi camino, otorgarme la sabiduría y darme la fortaleza necesaria para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Expreso mi sincerísimo agradecimiento a la Universidad Estatal de Bolívar, al grupo de investigación de la facultad de ciencias agropecuarias "AGROPROBIOPED", a sus autoridades y al personal docente de la carrera, por haber abierto las puertas de sus aulas y brindarme las herramientas del conocimiento para mi formación académica y profesional.

De manera muy especial, agradezco a mi tutor de tesis Ing. José Luis Altuna y a los ingenieros: Darwin Núñez, Favián Bayas, Hugo Vásquez, Patricia Iza y Julissa Borja por su valiosa guía, paciencia y conocimiento compartido durante la ejecución de este trabajo de investigación, cuya orientación fue fundamental para llevar a buen término este proyecto.

Un agradecimiento profundo a mi padre, por transmitirme a través de su ejemplo la pasión por su noble oficio, el bello arte de la pirotecnia; una labor de entrega, precisión y arte que me enseñó el valor del esfuerzo, la disciplina y la dedicación que hoy veo reflejados en la culminación de esta meta.

El agradecimiento más sincero para mi madre, una persona muy ejemplar que siempre estuvo pendiente de mi persona, el pilar fundamental para dar el paso a paso durante la vida universitaria y por inculcarme los valores con mucha humildad y cariño.

Finalmente, a Belén por el cariño y el tiempo compartido en el transcurso de la carrera por esos consejos, anécdotas y el apoyo en esos momentos cuando sobresalían de mis límites.

Brihan Marcelo Lucio Vargas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDO **PÁG**

CAPÍTULO I 1
1.1. INTRODUCCIÓN 1
1.2. PROBLEMA 3
1.3. OBJETIVOS 4
1.3.1. Objetivo General 4
1.3.2. Objetivos Específicos 4
1.4. HIPÓTESIS 5
1.4.1. Hipótesis Nula 5
1.4.2. Hipótesis Alterna 5
CAPITULO II 6
2. MARCO TEÓRICO 6
2.1. Agua 6
2.2. Agua de irrigación 7
2.2.1. Calidad del agua destinada para riego 7
2.2.2. Efectos de agua de irrigación contaminada 8
2.3. Parámetros de la calidad del agua 8
2.3.1. Parámetros físicos 8
2.3.1.1. Potencial de Hidrogeno (pH) 8
2.3.1.2. Turbidez 9
2.3.1.3. Conductividad Eléctrica (CE) 9
2.3.1.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) 9
2.3.1.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO) 10
2.3.1.6. Nitratos y Nitritos 10
2.3.2. Parámetros Químicos 11
2.3.2.1. Cadmio (Cd) 11
2.3.2.2. Arsénico (As) 11
2.3.2.3. Plomo (Pb) 11
2.3.2.4. Mercurio (Hg) 11
2.3.3. Parámetros Microbiológicos 12

2.3.3.1. Coliformes Fecales 12
2.3.3.2. Coliformes Totales..... 12
2.3.3.3. Parásitos..... 12
2.4. Normativas y Reglamentos de la calidad del agua..... 13
2.4.1. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE) 13
2.4.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)..... 13
2.4.3. Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169..... 14
2.4.4. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176..... 14
2.5. Suelo..... 14
2.5.1. Tipos de Suelo..... 14
2.5.2. Funciones del Suelo..... 15
2.5.3. Calidad del Suelo..... 15
2.5.3.1. Indicadores Físicos 15
2.5.3.2. Indicadores Químicos 16
2.5.3.3. Indicadores Biológicos 16
2.5.4. Interacción Agua – Suelo 16
2.6. Producción Agrícola..... 16
2.6.1. Producción agrícola de la provincia Bolívar 16
2.7. Microbiología..... 17
2.7.1. Microorganismos y Bacterias..... 17
2.7.2. Tipos de Medios de Cultivos..... 17
2.7.2.1. Medios Selectivos..... 18
2.7.2.2. Medios Diferenciales 18
2.8. Métodos de Detección de Bacterias 18
2.8.1. Cajas Compacto y Seco (COMPACT DRY)..... 18
2.9. Toma de Muestras (Muestreo) 19
2.9.1. Muestra..... 19
2.9.2. Muestra Simple o Puntual 20
2.9.3. Plan de Muestreo..... 20
2.9.4. Verificación de Implementos Requeridos 20
2.9.5. Selección y Rotulación de Recipientes..... 20

2.10. Georreferenciación 20
2.10.1. Métodos de Georreferenciación 21
CAPÍTULO III 22
3. MARCO METODOLÓGICO 22
3.1. Ubicación de la Investigación 22
3.1.1. Localización de la Investigación 22
3.1.2. Situación Geográfica y Edafoclimática 23
3.1.3. Zona de Vida 24
3.2. Metodología 24
3.2.1. Material en Estudio 24
3.2.2. Factores en Estudio 24
3.2.3. Descripción Técnica de Ensayo 24
3.2.3.1. Criterios de calidad de agua de uso agrícola o de riego (TULSMA) . 25
3.2.3.2. Criterios de calidad del suelo para uso agrícola 26
3.2.4. Tipo de Diseño experimental o Estadístico 28
3.2.5. Tipo de Análisis 28
3.2.5.1. Análisis de coeficiente de correlación paramétrica (Pearson) 28
3.2.5.2. Análisis de asociación no paramétrica (Chi-cuadrado) 29
3.2.6. Métodos de evaluación y datos a tomarse 30
3.2.7. Manejo de la Investigación 30
3.2.7.1. Delimitación de los sistemas de irrigación 30
3.2.7.2. Ubicación de la zona de estudio 30
3.3. Fase de Campo: Caracterización de la calidad del agua 31
3.3.1. Obtención de muestras 31
3.3.2. Etiquetado 32
3.3.3. Transporte 32
3.3.4. Métodos para el análisis 32
3.3.5. Fase de Laboratorio: Calidad del agua 32
3.4. Fase de Campo: Caracterización de la calidad del suelo 33
3.4.1. Obtención de Muestras 33
3.4.2. Etiquetado 33
3.5. Fase de Laboratorio: Calidad del suelo 33

3.6. Fase de Campo: Caracterización de los productos agrícolas 33
3.6.1. Obtención de Muestras 33
3.6.2. Etiquetado 34
3.7. Equipos y Materiales 34
3.8. Variables a determinar 38
3.9. Calidad de Agua de Irrigación (método de evaluación) 38
3.9.1. Parámetros Físicos 38
3.9.2. Parámetros Químicos 39
3.9.3. Parámetros Microbiológicos 39
3.10. Calidad del Suelo (método de evaluación) 39
3.10.1. Parámetros Físicos 39
3.10.2. Parámetros Químicos 40
3.11. Calidad de los Productos Agrícolas (método de evaluación) 40
3.11.1. Parámetros Químicos 40
3.11.2. Parámetros Microbiológicos 40
3.12. Interpretación de los Resultados 41
CAPÍTULO IV 42
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 42
4.1. Interpretación de Resultados 42
4.1.1. Determinación de la Georreferenciación 42
4.1.2. Resultados de los análisis de agua de irrigación 46
4.1.2.1. Resultados de los análisis de agua del canal de riego del sector de Atandahua 47
4.1.2.2. Resultados de los análisis de agua en el sector Curgua 53
4.1.3. Resultados de análisis del suelo 57
4.1.3.1. Resultados de los análisis de suelo de los cultivos del sector Atandahua 57
4.1.3.2. Resultados de los análisis de suelo de los cultivos del sector Curgua 63
4.1.4. Resultados de análisis en los productos agrícolas 68
4.1.5. Alternativas de mejoramiento de la calidad del agua 74
4.1.5. Incidencia de los productos agrícolas frente a la calidad del agua 75
4.1.6. Relación de Chi-cuadrado ($\boldsymbol{x2}$) y Pearson 75
4.2. Comprobación de la hipótesis 75

CAPÍTULO V 76
5.1. CONCLUSIONES 76
5.2. RECOMENDACIONES 78
BIBLIOGRAFÍA
ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

N^{O} **DETALLE** **PÁG.**

1. Datos de situación geográfica del sector Atandahua……..……..... 23
2. Datos de situación geográfica del sector Curgua……..... 23
3. Criterios de calidad admisibles para agua de uso agrícola……..……..... 25
4. Paramentos de los niveles guía de la calidad de agua para riego…..... 26
5. Parámetros para la valoración de la calidad inicial del suelo según uso del suelo……...……. 27
6. Criterios de calidad del suelo……...……..... 27
7. Materiales y equipos utilizados en el proyecto de investigación..…..…….. 34
8. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 1…….……...…..... 47
9. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 2…….…… 48
10. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 3…….…… 50
11. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 4…….…… 51
12. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 5…….…… 53
13. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 6…….…… 54
14. Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 7…….…… 56
15. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos de la muestra 1……..... 58
16. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos de la muestra 2……...…….…… 59
17. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos de la muestra 3…….……...…. 61
18. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos

de la muestra 4……..... 62
19. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos de la muestra 5……...…….. 64
20. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos de la muestra 6……...…….. 65
21. Resultados de los análisis químicos y microbiológicos del suelo de cultivos de la muestra 7……...…….. 67
22. Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos del maíz en el sector Atandahua…….……..... 68
23. Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos del maíz en el Sector Curgua…….…….…..... 69
24. Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos de la papa en el sector Atandahua……..... 70
25. Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos de la haba en el sector Atandahua……...…….…… 71
26. Comparación de resultados de agua y suelo según las normativas…..…….. 72
27. Incidencia de los productos agrícolas……...… 73

ÍNDICE DE FIGURAS

N^O **DETALLE** **PÁG.**

1. Cuenca hídrica del sector Atandahua……... 42
2. Cuenca hídrica del sector Curgua……. 43
3. Mapa de monitoreo agrícola y puntos de muestreo del sector Atandahua…… 43
4. Mapa de monitoreo agrícola y puntos de muestreo de la fuente hídrica del rio Chimbo…….……...…..……. 44
5. Mapa general del sector Atandahua……. 45
6. Mapa general del sector Curgua……... 46

ÍNDICE DE ANEXOS

N^{O} **DETALLE**

1. Mapa de ubicación de la investigación
2. Croquis del ensayo
3. Análisis físicos, químicos y microbiológicos
4. Fotografías
5. Glosario de términos técnicos

RESUMEN

Este estudio analiza la calidad del agua de irrigación en el canal del sector Atandahua (fuente río Salinas) y la cuenca del río Chimbo en el sector Curgua (cantón Guaranda, provincia de Bolívar), evaluando su incidencia en la calidad físico-química y microbiológica del suelo y de cultivos representativos como maíz, papa y haba. El problema central radica en la vulnerabilidad de estas fuentes hídricas frente a actividades antropogénicas y ganaderas no monitoreadas, lo que amenaza la seguridad alimentaria y la salud pública. Mediante un marco metodológico cuantitativo y correlacional, se delimitaron cuatro puntos de muestreo en Atandahua y tres en Curgua mediante georreferenciación (ArcGIS, Survey123, GPS), aplicando las normativas INEN, TULSMA – COA del Acuerdo Ministerial 97-A para evaluar parámetros físico-químicos, microbiológicos y de metales pesados en agua, suelo y productos. Los resultados y la discusión revelaron que el agua de ambos sectores cumple con los límites físico-químicos (pH, conductividad, SDT, nitratos, nitritos y cadmio); sin embargo, sobrepasa severamente los estándares microbiológicos permisibles de coliformes totales y fecales (obteniéndose conteos masivos, MNPC), además de registrar presencia de *Giardia* y *Cryptosporidium*. En el suelo se identificó bioacumulación de cadmio (1,77 a 2,08 mg/kg) superando la norma, mientras que los productos agrícolas reflejaron una alta contaminación microbiológica por coliformes (hasta $1,5x10^6$ NMP/100 ml en maíz). En conclusión, se confirmó la hipótesis de una incidencia significativa y negativa del agua contaminada en la inocuidad alimentaria, por lo que se proponen como alternativas clave la implementación de tratamientos hídricos (filtración lenta en arena, cloración, sedimentación) y la reconversión a sistemas de riego por goteo para mitigar los riesgos de contaminación directa y absorción de metales pesados.

Palabras clave: Agua de irrigación, suelo, productos agrícolas, muestras y análisis.

SUMMARY

This study analyzes the quality of irrigation water in the Atandahua sector canal (fed by the Salinas River) and the Chimbo River basin in the Curgua sector (Guaranda canton, Bolívar province), assessing its impact on the physicochemical and microbiological quality of the soil and representative crops such as corn, potatoes, and fava beans. The central problem lies in the vulnerability of these water sources to unmonitored anthropogenic and livestock activities, which threaten food security and public health. Using a quantitative and correlational methodological framework, four sampling points were identified in Atandahua and three in Curgua through georeferencing (ArcGIS, Survey123, GPS), applying the INEN, TULSMA – COA of the Ministerial Agreement 97-A to assess physicochemical, microbiological, and heavy metal parameters in water, soil, and products. The results and discussion revealed that the water in both areas complies with physical-chemical limits (pH, conductivity, SDT, nitrates, nitrites, and cadmium); however, it severely exceeds the permissible microbiological standards for total and fecal coliforms (with very high counts, MNPC), in addition to showing the presence of Giardia and Cryptosporidium. In the soil, identified themselves cadmium bioaccumulation (1.77 to 2.08 mg/kg) was identified, exceeding the standard, while agricultural products showed high microbiological contamination by coliforms (up to 1.5×10^6 MPN/100 ml in corn). In conclusion, the hypothesis that contaminated water has a significant and negative impact on food safety was confirmed; therefore, the implementation of water treatment methods (slow sand filtration, chlorination, sedimentation) and the transition to drip irrigation systems are proposed as key alternatives to mitigate the risks of direct contamination and the absorption of heavy metals.

Keywords: Irrigation water, soil, agricultural products, samples and analysis.

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCIÓN

El sector Atandahua es una zona de tránsito frecuente y cuenta con una ruta utilizada para actividades de montaña aproximadamente a unos 2800 msnm. Es una zona andina, cerca de la ruta hacia Santa Fe, caracterizada por terrenos elevados y de difícil acceso. El sector de Curgua es conocido principalmente por albergar el antiguo botadero de basura a cielo abierto, ubicado en la vía a Chimbo.

Actualmente, este espacio está en proceso de transformación, con el inicio de la construcción del Centro de Aprovechamiento de Residuos Sólidos y planes para convertirlo en un parque ecológico.

El canal de riego del sector Atandahua es un sistema de irrigación estructurado para la producción agrícola en donde consta con una distancia de 4.5 km aproximadamente que nace de la fuente hídrica del río Salinas, el sector Curgua no cuenta con un canal de riego como tal, sino que depende directamente de la fuente hídrica del río Chimbo. El río Chimbo se forma en la provincia Bolívar, Ecuador, principalmente por la confluencia de los ríos Salinas y Guaranda, o por la unión del río Guaranda y el estero Suruhuaycu al sur de la ciudad de Guaranda.

Nace de los deshielos del nevado Chimborazo y recorre la hoya de su mismo nombre. El río Salinas, ubicado en la parroquia Salinas de Guaranda, es fundamental para la zona, atravesando la localidad a 3550 msnm. y siendo vital para actividades agrícolas, aunque su calidad de agua requiere monitoreo. Estudios analizan la cuenca para su conservación, mientras que la zona es conocida por sus minas de sal.

La calidad del agua utilizada en agricultura para regar frutales, cultivos o granos debe cumplir con parámetros que garanticen su inocuidad. El agua de riego no debe tener concentraciones altas de contaminantes como metales o boro, que son tóxicos para las plantas. Cuando los cultivos son consumidos crudos, se requieren aún estándares más estrictos en términos microbiológicos, para evitar transmisión de infecciones (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024). El desarrollo de los

cultivos, la productividad agrícola y la seguridad alimentaria de los consumidores pueden verse seriamente afectados por la presencia de patógenos microbiológicos y parasitarios. Ante este riesgo, resulta indispensable realizar evaluaciones rigurosas de las fuentes hídricas, contrastando los hallazgos con los límites permisibles definidos en el marco regulatorio ambiental que rige el uso del agua para riego en el territorio ecuatoriano. (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024).

Esta investigación surge ante la necesidad de evaluar la calidad del agua de irrigación en estos sectores específicos, debido a la creciente preocupación por la posible presencia de contaminación física, química y microbiológica. Estos aspectos no solo afectan la calidad de los productos agrícolas, sino que representan un problema de salud pública al ser vehículos de enfermedades de transmisión alimentaria (ETAs).

Este estudio, se pretende contrastar los niveles de contaminación detectados con los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental nacional (TULSMA). Con ello, se busca proporcionar una base científica que permita a los agricultores y los sistemas de irrigación a tomar decisiones informadas sobre el manejo del agua, garantizando que los productos obtenidos en las zonas de Atandahua y Curgua cumplan con los estándares de inocuidad necesarios para su ocupación en la agricultura y consumo seguro.

1.2. PROBLEMA

En el cantón Guaranda, provincia de Bolívar, específicamente en los sectores de Atandahua (19,23 km) y Curgua (aproximadamente 13–15 km) desde la cabecera cantonal, la producción agrícola depende directamente de los sistemas de canales de riego que conducen agua desde las fuentes naturales hacia las parcelas cultivadas.

Sin embargo, la sostenibilidad y seguridad de este recurso hídrico se encuentran amenazadas por la ausencia de monitoreo y control permanente de las actividades desarrolladas en las zonas de captación, conducción y distribución del agua. Esta situación genera incertidumbre respecto a la calidad microbiológica y físico-química del agua utilizada para el riego agrícola.

Los canales en estos sectores están expuestos a múltiples fuentes potenciales de contaminación, entre ellas la infiltración de lixiviados derivados de la actividad ganadera, el uso indiscriminado de fertilizantes y agroquímicos sintéticos, así como la posible descarga de aguas residuales domésticas provenientes de asentamientos cercanos. Estas condiciones favorecen la presencia y proliferación de microorganismos patógenos, como Coliformes fecales, bacterias y parásitos, que pueden adherirse a la superficie de los cultivos hortícolas y agrícolas, comprometiendo su calidad, inocuidad y aptitud para el consumo humano.

Por ello, es necesario buscar alternativas para solucionar el problema rápidamente.

La contaminación ambiental es la presencia de cualquier sustancia (física, química o biológica) o combinación de sustancias en un determinado lugar, forma y concentración, que es nociva para la salud, la seguridad y el bienestar de la población, o que puede ser perjudicial para los seres vivos en general (Chasi Amangandi, 2024).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

- Analizar la calidad de agua de irrigación en los sectores de Atandahua y Curgua y su incidencia en los productos agrícolas.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los puntos de muestreo mediante georreferenciación en los sectores de Atandahua y Curgua.
- Identificar la calidad de agua de irrigación con base a los análisis físicos, químicos y microbiológicos.
- Analizar la incidencia del agua de irrigación frente a los productos agrícolas análisis físicos, químicos y microbiológicos.
- Presentar alternativas de mejoramiento de la calidad de agua utilizada para uso el riego.

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis Nula

***H*$_{(0)}$**: Los parámetros de calidad del agua de irrigación de los sectores de Atandahua y Curgua no tiene una incidencia significativa en la calidad física, química y microbiológica de los productos agrícolas.

1.4.2. Hipótesis Alterna

***H*$_{(1)}$**: Los parámetros de calidad del agua de irrigación de los sectores de Atandahua y Curgua tiene una incidencia significativa en la calidad física, química y microbiológica de los productos agrícolas.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Agua

El agua se encuentra en nuestro planeta en forma líquida, sólida y gaseosa. El total de agua en la Tierra se estima en unos 1.400 millones de km^3, de los cuáles un 3% del total corresponde a agua dulce. El agua líquida parece estar formada por asociaciones de moléculas de 2, 3 y hasta 12 unidades de (H_2O), estando dotada de una estructura tridimensional fluctuante, mientras el hielo es una mezcla de cuatro isómeros distintos, compuestos a su vez de diferente número de moléculas y/o con diferente estructura (Marín Galvín, 2008).

Según, (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024) el agua es el principal elemento que cubre la superficie del planeta con un 70% mismo elemento que se encuentra océanos, ríos, suelos, etc. Es la fuente y el sustento de la vida, posee características únicas que la hacen esencial para el desarrollo de la vida (plantas, animales y ser humano). Posee una gran capacidad calorífica y tiene la capacidad de expandirse cuando se congela.

El agua natural es el elemento indispensable para la vida en la Tierra, aunque en ciertos países como India y Etiopía hay escasez de agua desde tiempos inmemoriales. Por esta causa puede ser objeto de especulación pues alcanza elevados precios en el mercado, aumentando progresivamente en todos los países (Santos Piñeiro, 2024).

La calidad del agua a nivel mundial se ve amenazada principalmente por el incremento de actividades antropogénicas y por los cambios climáticos, cuyas consecuencias son la disminución de su disponibilidad como agua potable apta para el consumo humano, y para la producción agroalimentaria (agropecuaria). Por lo tanto, es importante desarrollar nuevos métodos que ayuden a mejorar la calidad de agua asegurando así su disponibilidad (Contreras Chura, Belizario Quispe, & Chui Betancur, 2023).

2.2. Agua de irrigación

El agua empleada para cultivar plantas es frecuentemente almacenada y distribuida por medio de infraestructuras construidas con la finalidad de facilitar y optimizar su uso; sin embargo, se ha comprobado que esas prácticas favorecen la dispersión de agentes fitopatógenos desde y hacia espacios de explotación agrícola (Cárdenas Rodríguez, et al., 2024).

La finalidad de transportar las aguas destinadas para riego, generalmente se construyen de concreto o del mismo suelo, pueden ser de diferentes formas, tamaños y pendientes, lo cual determina la capacidad de agua que pueden trasladar, el canal debe estar diseñado de acuerdo a su caudal máximo necesario para regar una determinada área de cultivos (Alvear Granada & Cumbicos Cañar, 2025).

2.2.1. Calidad del agua destinada para riego

En función de su calidad, se determina el uso de esta, así: agua potable, residuales, embotelladas, de riego entre otras, tendrán diferentes criterios de evaluación mismos que son determinados por normativas regulatorias establecidas por el Ministerio del Ambiente y Agua (MAE), la Agencia Nacional de regulación, control y vigilancia sanitaria (ARCSA), el Servicio Ecuatoriano de Normalización (INEN), entre otros.

La calidad del agua se establece analizando muestras representativas para medir su contenido de sales totales, minerales esenciales (calcio, magnesio, sodio, potasio), aniones (nitratos, carbonatos, bicarbonatos, cloruros) y elementos como el boro, además de indicadores clave como el pH y la Relación de Adsorción de Sodio (RAS). Este estudio químico persigue dos fines fundamentales: validar si el agua es apta para la irrigación y asegurar su compatibilidad con los cultivos. Cabe destacar que gran parte de las aguas de riego poseen bases y bicarbonatos que pueden elevar la alcalinidad del terreno (Vicente Sánchez & Sandoval Barrios , 2021).

2.2.2. Efectos de agua de irrigación contaminada

Es la modificación del agua por presencia de agentes físicos, químicos y microbiológicos que causan un cambio en sus características y provocan una inestabilidad en el ambiente (Vicente Sánchez & Sandoval Barrios , 2021).

Las aguas de riego contaminadas suelen estar relacionadas con enfermedades frecuentes como el cólera, la fiebre tifoidea, la ascariasis, la amibiasis, la giardiasis y la presencia de la bacteria *E. coli* (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024).

Es causada por el uso de aguas contaminadas por los desechos humanos y las escorrentías procedentes de zonas pecuarias (pastizales y corrales de engorde), este efecto se relaciona tanto con el uso para regadío como a la contaminación directa de los alimentos al entrar en contacto con el agua (Alvear Granada & Cumbicos Cañar, 2025).

2.3. Parámetros de la calidad del agua

Evaluar la calidad del recurso hídrico es un paso fundamental antes de destinarlo a cualquier actividad, ya sea el consumo humano, el uso agropecuario, industrial, recreativo o la preservación de ecosistemas acuáticos.

Para simplificar este análisis, se utilizan índices de calidad, los cuales comparan las mediciones físicas, químicas y biológicas obtenidas en el entorno real con estándares ideales predefinidos. Mediante el establecimiento de estos límites, es posible clasificar el agua de manera precisa según su aptitud para cada uso específico.

2.3.1. Parámetros físicos

2.3.1.1.Potencial de Hidrogeno (pH)

El término "pH" se refiere a la medición de la actividad de los iones de hidrógeno en la solución. Dado que la medición directa del pH es muy difícil, se necesitan electrodos específicos para una determinación rápida y precisa del pH (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024).

Cuantifica la acidez o alcalinidad del agua, reflejando la concentración de iones de hidrógeno presentes. Se expresa mediante una escala logarítmica de 0 a 14 en u pH, donde un valor de 7 corresponde a neutralidad; valores menores indican acidez y mayores, alcalinidad (Alvear Granada & Cumbicos Cañar, 2025).

2.3.1.2. Turbidez

La turbidez nos indica como parámetro de aguas residuales, la calidad relacionada con las partículas suspendidas presentes en el agua. Las cantidades diversas de materia en suspensión (materia orgánica, limo, microorganismos), afectan la penetración de la luz solar caceusando un menor rendimiento primario (Ballón Durand, 2021).

La turbidez es una propiedad óptica que describe ampliamente la claridad del agua. Está relacionado con el color, pero tiene más que ver con la pérdida de transparencia por efecto de las partículas en suspensión.

2.3.1.3. Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es la propiedad del agua para conducir la corriente eléctrica que depende en gran medida en la cantidad de materia sólida disuelta en el agua (como las sales que lleva disuelta), agua pura, como el agua destilada, puede tener muy poca conductividad y en contraste, agua de mar tendrá una conductividad mayor (Mestas Mora, 2021).

La conductividad depende del número de iones o partículas cargadas en el agua. La facilidad o dificultad del flujo de corriente eléctrica a través de los líquidos permite dividirlos en dos amplias categorías: electrolitos y no electrolitos. Los compuestos que se disuelven en los iones se conocen como electrolitos. Cuanto mayor sea el número de iones presentes en el electrolito, mayor será la conductividad del agua (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024).

2.3.1.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno requerido para degradar la materia orgánica de una muestra de agua, por medio de una población microbiana

heterogénea. La información obtenida en la prueba corresponde a la materia orgánica biodegradable (León Gil, 2009).

Cuando la degradación bioquímica de la materia orgánica, sucede mediante procesos de óxido reducción mediados por microorganismos se obtiene la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que representa la cantidad de oxígenos consumido en la degradación en 5 días y por ende se considera una medida indirecta del grado de contaminación del agua, los niveles altos de DBO muestran alto grado de contaminación (Chasi Amangandi, 2024).

2.3.1.5. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Es una medida de la cantidad de oxígeno consumido por la porción de materia orgánica existente en la muestra y oxidable por un agente químico oxidante fuerte. Específicamente representa el contenido orgánico total de la muestra, oxidable por dicromato en solución ácida (León Gil, 2009).

Es otro parámetro relevante vinculado a la materia orgánica, la Demanda Química de Oxígeno (DQO) indica la cantidad de material susceptible a oxidación presente en las aguas residuales, independientemente de su capacidad de degradación biológica (Chasi Amangandi, 2024).

2.3.1.6. Nitratos y Nitritos

Son compuestos de nitrógeno importantes en el ciclo del nitrógeno. Los nitritos pueden ser dañinos en altas concentraciones porque forman nitrosaminas cancerígenas y alteran la capacidad de la hemoglobina para transportar oxígeno. La contaminación por nitratos se ha relacionado con la escorrentía de fertilizantes y los desechos animales. Monitorear y controlar estos compuestos en el agua es esencial para preservar la salud humana y los ecosistemas acuáticos (Hidalgo Pio & Veintimilla Tipanguano, 2024).

2.3.2. Parámetros Químicos

2.3.2.1. Cadmio (Cd)

Es un metal pesado altamente tóxico cuya presencia en el entorno proviene tanto de procesos naturales como de la actividad humana. En el ámbito natural, este elemento se libera principalmente a través de la actividad volcánica y los incendios forestales. Por otro lado, las fuentes de origen antrópico derivadas de la intervención humana representan una carga significativa e incluyen la combustión de fuentes fósiles, el uso intensivo de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en la agricultura, así como procesos industriales de minería y fundición de metales (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024).

2.3.2.2. Arsénico (As)

Es un elemento químico del grupo 5A con número atómico 33 que se ha clasificado como metaloide debido a que comparte propiedades químicas y fisicoquímicas tanto con los metales como con los no metales. Sus estados de oxidación predominantes son: +3 (Arsenito, As^{+3}) y +5 (Arsenato, As^{+5}), aunque también se encuentra en menor proporción en los estados de oxidación -3 y 0 (Alcocer Zuñiga, Córdoba Alarcón, & Hernández Zavala, 2024).

2.3.2.3. Plomo (Pb)

El plomo se presenta de forma natural en tres estados de oxidación: metálico, Pb^{2+} y Pb^{4+}. No obstante, la existencia de la forma Pb^{4+} es poco común, ya que requiere condiciones de potencial de óxido-reducción y niveles de pH sumamente específicos. Desde el punto de vista biológico, este metal no cumple ninguna función esencial en el desarrollo de los vegetales; sin embargo, debido a su amplia distribución ambiental, es un elemento omnipresente en el sistema suelo-agua y, por ende, en los tejidos de las plantas (Balseca Alvarado & Peñafiel Bermeo, 2024).

2.3.2.4. Mercurio (Hg)

El mercurio es un metal pesado que puede contaminar fuentes de agua, especialmente en regiones donde se llevan a cabo actividades industriales o de

minería que liberan mercurio al medio ambiente. Cuando las personas ingieren agua contaminada con mercurio, ya sea en forma de metilmercurio, puede tener graves efectos en la salud humana. El mercurio es un contaminante peligroso que puede ingresar al suministro de agua por medio de forma natural y antropogénica, y su exposición crónica se ha relacionado con problemas graves de salud, especialmente en el sistema nervioso central y en el desarrollo infantil (Herrera Vergara, 2024).

2.3.3. Parámetros Microbiológicos

2.3.3.1. Coliformes Fecales

Las bacterias llamadas Coliformes fecales, son un grupo que se encuentran en el tracto gastrointestinal del hombre y otros animales. Las condiciones que existen ahí son únicas en todo el cuerpo, por lo tanto, si salen del intestino van a buscar algún lugar donde existan más nutrientes para poder sobrevivir. Son indicadores de contaminación del agua y los alimentos, donde incluyen un gran grupo de muchos tipos de bacterias que se encuentran en todo el medio ambiente. Son comunes en el suelo y el agua superficial e incluso pueden aparecer en la piel (Pacheco Ostaiza, 2024).

2.3.3.2. Coliformes Totales

Los Coliformes son un grupo de bacterias gran negativas anaeróbicas facultativas sin esporas. Se encuentran comúnmente en el ambiente acuático, en el suelo y la vegetación, así como en los intestinos de los mamíferos, incluidos los humanos. La presencia de Coliformes fecales en el agua pueden causar enfermedades estomacales. Se sabe que las bacterias patógenas transmitidas por el agua causan diarrea, gastroenteritis, cólera, disentería y enfermedades tifoideas (Chavarría Márquez, Basurto Contreras, Huamaní Astocaza, & Gutierrez Collao, 2023).

2.3.3.3. Parásitos

Las parasitosis intestinales se definen como infecciones, que pueden generarse tanto por la ingesta de quistes de protozoarios o huevos y larvas de helmintos; siendo el tracto gastrointestinal del huésped el hábitat natural de dichos microorganismos.

Estas patologías a menudo llevan a sufrir consecuencias graves como: alteraciones cognitivas, desnutrición, síndrome de mala absorción, anemia, y en algunos casos la muerte. Entre los parásitos relevantes transmitidos por alimentos, se hallan géneros y especies como *Ascaris lumbricoides, Tenia solium, Trichuris trichiura, Cryptosporidium spp., Giardia intestinalis, Cyclospora cayetanensis, Cystoisospora belli, Entamoeba histolytica, Toxoplasma gondii, Trypanosoma cruzi, entre otros* (Ospina Santos, 2022).

2.4. Normativas y Reglamentos de la calidad del agua

En Ecuador la calidad del agua se la otorga como un derecho humano, por tal motivo cuenta con una norma técnica usada para garantizar y proveer agua potable de manera sustentable con eficiencia y calidad (Sánchez Aroca & Guangasig Toapanta, 2023).

2.4.1. Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAATE)

Su función es garantizar la calidad, conservación y sostenibilidad de los recursos naturales, mediante el ejercicio efectivo de la rectoría, planificación, regulación, control, coordinación y gestión ambiental y de los recursos hídricos, a través de la participación de organizaciones públicas, privadas, comunitarias y la ciudadanía, en el marco del respeto, integridad, responsabilidad y transparencia.

2.4.2. Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)

Está constituido de en un cuerpo normativo que reúne las normas reglamentarias (secundarias) más fundamentales vigentes en el Ecuador en materia ambiental. Se lo ha encontrado organizado por nueve libros. En el Libro VI se desarrolla, entre otros instrumentos, la reglamentación para la prevención y control de la contaminación ambiental y sus normas técnicas. El TULSMA, y por ende el Libro VI y sus anexos, es aprobado mediante Decreto Ejecutivo 3516, y publicado en la Edición Especial N.º 2 del Registro Oficial del 31 de marzo del 2003. Las normas técnicas nacionales del mencionado reglamento constan como anexos del mismo;

en éstas se fijan los límites permisibles de emisión, descargas y vertidos al ambiente.

2.4.3. Normativa Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169

Esta norma establece las técnicas y precauciones generales que se deben tomar para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua incluyendo aquellas para análisis biológicos, pero no análisis microbiológicos.

2.4.4. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176

Esta norma establece guías sobre las técnicas de muestreo usadas para obtener los datos necesarios en los análisis de control de calidad, de las aguas naturales, aguas contaminadas y aguas residuales para su caracterización.

2.5. Suelo

El suelo es considerado un manto delgado biológicamente activo, desarrollado en la capa más superficial de la corteza terrestre. De este modo el suelo un cuerpo natural y dinámico que, a modo de epidermis cubre la superficie de la tierra. Es también un sistema abierto, complejo, autoorganizativo, estructural y polifuncional. Constituye uno de los recursos naturales más importantes, dado que realiza multitud de funciones, entre las que destacan la producción de alimentos y, en general, su papel como sostén de la vida en el globo terráqueo (Jiménez Ballesta & Navarro Pedreño, 2025).

2.5.1. Tipos de Suelo

Los principales tipos de suelo se clasifican comúnmente en arenosos, arcillosos, limosos, francos, calizos y pedregosos, diferenciándose por su textura, retención de agua y nutrientes. Su estudio es fundamental para la agricultura y la ingeniería civil, determinando su capacidad de carga y fertilidad, a menudo descritos en manuales técnicos de edafología.

Un sistema de clasificación de suelos proporciona un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos según el tamaño de las

partículas, podemos distinguir los siguientes tipos de suelos: Gravas, Arenas, Limos, Arcillas (Zapata, 2018).

2.5.2. Funciones del Suelo

El término calidad del suelo se empezó a acotar al reconocer las funciones del suelo:

- Promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas.
- Atenuar contaminantes, ambientales y patógenos (calidad ambiental).
- Favorecer la salud de las plantas, animales y humanos (Vicente Sánchez & Sandoval Barrios , 2021).

El suelo constituye un sistema estructurado, heterogéneo y discontinuo; desarrollado a partir de cambios físicos, químicos y biológicos de la roca madre. Está compuesto por materia orgánica, minerales y nutrientes, los cuales permiten el crecimiento de los organismos y los microorganismos (Gastezzi Arias, Alvarado García, & Pérez Quezada, 2023).

2.5.3. Calidad del Suelo

La calidad del suelo se evalúa mediante indicadores físicos, químicos y biológicos. Estos indicadores pueden ser analizados de forma individual o combinada, dependiendo del objetivo del estudio (Villalba Algarin, González, Szostak, & Sanabria Franco, 2024).

2.5.3.1. Indicadores Físicos

La densidad del suelo es el indicador físico más frecuentemente evaluado, seguida por la resistencia del suelo a la penetración. Otros indicadores físicos importantes incluyen la estabilidad de agregados y la porosidad del suelo, ambos fundamentales para la estructura y sostenibilidad del suelo (Villalba Algarin, González, Szostak, & Sanabria Franco, 2024).

2.5.3.2. Indicadores Químicos

El contenido total de nitrógeno se destaca como el indicador químico más evaluado, seguido por el fósforo, el potasio y el pH del suelo. Estos son indicadores fundamentales para el crecimiento de las plantas y la fertilización del suelo. La conductividad eléctrica se origina en la medición de la salinidad del suelo, un problema común en zonas áridas afectadas por la irrigación agrícola y aguas subterráneas poco profundas (Villalba Algarin, González, Szostak, & Sanabria Franco, 2024).

2.5.3.3. Indicadores Biológicos

Dentro de los indicadores biológicos, el carbono orgánico del suelo se presenta como el más estudiado, seguido de la biomasa microbiana y las actividades enzimáticas (Villalba Algarin, González, Szostak, & Sanabria Franco, 2024).

2.5.4. Interacción Agua – Suelo

La aplicación de las aguas residuales como agua de riego, ya sea de origen urbano o industrial, se ha de tener cuenta los factores relacionados con el propio suelo. Las características bioquímico-físicas y el tiempo de uso de las aguas residuales son de sumo interés para los suelos, pues influyen grandemente en la calidad de aguas que percola a través de perfil del suelo y la posible o no ausencia de contaminación en las aguas subterráneas (Vicente Sánchez & Sandoval Barrios , 2021).

2.6. Producción Agrícola

2.6.1. Producción agrícola de la provincia Bolívar

La provincia Bolívar por ser un lugar estratégico de producción, sus parroquias rurales se dedican en su totalidad a la agricultura, haciendo de esta su principal fuente de economía. Aunque, tiene otro tipo de producción que no influye en la economía social, su mayor contribución es la agricultura con el cultivo de maíz, fréjol, alverja, habas, papas, entre otros, los cuales son nativos de la provincia. La agricultura, por ser una actividad de sustento y de excedente, el productor invierte

mayor capital sin certeza de redistribución por producción de tierra y mano de obra (Chacha Andy, 2022).

2.7. Microbiología

La Microbiología, es una ciencia relativamente nueva con respecto a otras ramas de la Biología. Aunque se pueden encontrar raíces más profundas, la ciencia de la microbiología no se desarrolló realmente hasta el siglo XIX (Reynoso, Magnoli, Barros, & Demo, 2015).

La microbiología es una rama de la biología que estudia seres vivientes de tamaño microscópico que existen como células aisladas o asociadas y también incluye el estudio de virus (microscópicos no celulares). En general, los microorganismos a diferencia de los microrganismos, son capaces de llevar a cabo procesos de crecimiento, generación de energía y reproducción, independientemente de otras células sean del mismo tipo o diferentes (Apella & Araujo, 2010).

2.7.1. Microorganismos y Bacterias

Los microorganismos participan en procesos ecológicos que permiten el funcionamiento de los ecosistemas, y biotecnológicos que son esenciales para la industria farmacéutica, alimenticia y médica. Ellos son los principales responsables de la descomposición de la materia orgánica y del ciclaje de los nutrientes (Montaño Arias, Sandoval Pérez, Camargo Ricalde, & Sánchez Yáñez, 2010).

Las bacterias patógenas asociadas a cuadros diarreicos se transmiten a menudo por el agua y/o alimentos contaminados, se ha demostrado que estos agentes infecciosos persisten durante largos períodos de tiempo en depósitos de agua naturales y sedimentos, también pueden adherirse a productos frescos, especialmente a la lechuga y otros vegetales (Guillén Ferraro, et al., 2024).

2.7.2. Tipos de Medios de Cultivos

Un medio de cultivo es el conjunto de nutrientes, factores de crecimiento y otros componentes que crean las condiciones nutricionales necesarias para el crecimiento de microorganismos. Ya que existen muchísimos microorganismos diferentes, se

han diseñado diferentes medios de cultivo que permiten complacer los requerimientos nutricionales para los variados metabolismos microbianos (La Cruz, 2022).

2.7.2.1. Medios Selectivos

Los medios selectivos restringen el crecimiento de organismos no deseados requiere analizar en detalle los componentes y mecanismos que estos medios utilizan para favorecer únicamente el desarrollo de bacterias u hongos específicos. Los medios selectivos contienen sustancias químicas, como colorantes, sales o agentes antimicrobianos, que inhiben de manera eficaz el crecimiento de microorganismos indeseables. Gracias a estas propiedades, solo prosperan aquellos organismos que se desea estudiar o aislar, mientras que los demás quedan suprimidos (Cornejo Huerta, et al., 2023).

2.7.2.2. Medios Diferenciales

Los medios diferenciales son herramientas esenciales en la microbiología, ya que permiten diferenciar y reconocer distintas especies bacterianas en función de sus características bioquímicas y fisiológicas. Estos medios de cultivo contienen componentes específicos, como azúcares fermentables, indicadores de pH y, en ocasiones, agentes selectivos, que desencadenan reacciones visibles dependiendo del metabolismo propio de cada especie (Vega, Palacio, Fernández Paggi, Ruiz, & Etcheverría, 2023).

2.8. Métodos de Detección de Bacterias

2.8.1. Cajas Compacto y Seco (COMPACT DRY)

Son un sistema de cultivo microbiológico rápido, listo para usar y deshidratado, diseñado para detectar y cuantificar microorganismos (bacterias, hongos, levaduras) en alimentos, cosméticos, agua y muestras ambientales. Son placas cromogénicas que simplifican las pruebas de laboratorio, ahorrando tiempo y espacio (Rincón Prieto, 2025).

Las ventajas de utilizar este medio son significativas en las cuales son:

- **Reducción de volumen:** Al poder compactarse, estas cajas permiten almacenar más productos en el mismo espacio, lo que resulta en una mayor eficiencia en la cadena de suministro.

- **Menor consumo de materiales:** Al reducir el espacio ocupado por los productos, se requiere una menor cantidad de material para fabricar los envases, lo que contribuye a la sostenibilidad.

- **Mayor protección del producto**: Gracias a su diseño, las Cajas Compact Dry ofrecen una mayor protección a los alimentos, evitando que se dañen o se aplasten durante el transporte.

- **Facilidad de uso:** Estas cajas son fáciles de abrir, cerrar y compactar, lo que las hace muy prácticas para los consumidores.

2.9. Toma de Muestras (Muestreo)

La toma de muestra es un procedimiento especializado que consiste en la obtención de uno o varios especímenes biológicos con el fin de determinar y aislar él o los agentes etiológicos de una probable infección (Bernstein, 2023).

Para hacer un diagnóstico adecuado sobre la calidad del agua, es necesario establecer dos componentes indispensables: el plan de muestreo y la toma de muestra.

2.9.1. Muestra

Porción representativa de la matriz a evaluar, la cual conserva las mismas proporciones o concentraciones relativas de todos los componentes presentes de la matriz original o en la cual los cambios sufridos por estos son poco significativos (Cepeda Hernández, 2023).

2.9.2. Muestra Simple o Puntual

Es aquella muestra tomada en un tiempo determinado (puntual), es apropiada para caracterizar la calidad del agua, para los procedimientos de control, vigilancia o monitoreo (Cepeda Hernández, 2023).

2.9.3. Plan de Muestreo

El plan de muestreo es la hoja de ruta para realizar un monitoreo de agua de cualquier tipo de fuente hídrica. Debe tener en cuenta fecha, hora, tipo aproximado de muestreo, tipo de muestra, tipo de muestreo, características de campo (Cepeda Hernández, 2023).

2.9.4. Verificación de Implementos Requeridos

Verificar los equipos, recipientes, materiales, reactivos, suministros y elementos de protección personal. Adicionalmente, debe hacer alistamiento de la cadena de custodia de la salida de campo (Cepeda Hernández, 2023).

2.9.5. Selección y Rotulación de Recipientes

De acuerdo con el plan de muestreo, colocar rótulos con los siguientes datos: número de muestra, análisis requerido, fecha de toma de la muestra, matriz (tipo de agua) y lugar de muestreo. Igualmente, alistar material para el control de calidad de análisis (Cepeda Hernández, 2023).

2.10. Georreferenciación

La georreferenciación, un proceso esencial en la gestión y análisis de datos geográficos, se define como la acción de asociar información o datos con una ubicación especifica en la superficie terrestre mediante el uso de coordenadas geográficas, como la latitud y la longitud. Este concepto ha evolucionado en el contexto de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), siendo fundamental para la representación cartográfica y el entendimiento de la información en su contexto espacial (Oliva Gamarra, 2024).

La georreferenciación hace referencia al uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas, todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la tierra o cerca de ella (Albán Angulo, 2023).

2.10.1. Métodos de Georreferenciación

Se utilizan para establecer la posición espacial de los datos geográficos y se pueden clasificar en dos categorías principales:

- **Métodos directos:** estos métodos se basan en la medición de la posición geográfica de un objeto mediante técnicas de posicionamiento satelital, como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

- **Métodos indirectos:** estos métodos se basan en la relación espacial entre objetos o características geográficas conocidas y los datos que se desean georreferenciar (Albán Angulo, 2023).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

Esta investigación se centró en diagnosticar la calidad del agua durante un periodo determinado mediante la recopilación de información en diversos puntos de monitoreo. Este estudio es de carácter cuantitativo y cualitativo basándose principalmente en la recopilación y en análisis de datos, donde, se evaluó las condiciones del agua del sistema de irrigación de los sectores de Atandahua y Curgua mediante los parámetros establecidos en las normativas vigentes del país en el que se identifica y evalúa las alteraciones de las características físico, químicas y microbiológicas del agua.

3.1. Ubicación de la Investigación

3.1.1. Localización de la Investigación

La presente investigación se realizó en los sectores de Atandahua y Curgua pertenecientes al cantón Guaranda. Atandahua se encuentra ubicada en la zona norte de Guaranda, zona rural de la parroquia de Guanujo, mientras que el sector Curgua se encuentra en la zona sur de la cuidad aproximadamente en el km 5 de la vía Guaranda a San José de Chimbo. Los análisis de laboratorio se realizaron en el Departamento de Petróleo, Energías y Contaminación de la Universidad Central del Ecuador de la ciudad de Quito y el Centro de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar, ubicada en el sector de Laguacoto II km 1 ½ vía Guaranda a San Simón.

3.1.2. Situación Geográfica y Edafoclimática

Tabla 1.

Datos de situación geográfica del sector Atandahua

Parámetro	Valor
Sector	Atandahua
Ubicación	1°33'22.74"S 79°01'03.14"W
Altitud	2826 msnm
Latitud	-1.5544349 º
Longitud	-79.0172459 º
Rango	1,874.34 m

Nota: Datos obtenidos de Google Earth (GPS)

Climáticamente, la zona presenta una temperatura mínima promedio de 5 a 7ºC, una temperatura media anual de 13°C y una temperatura máxima de 20ºC con una precipitación de 950 mm y una humedad relativa promedio del 78%.

Tabla 2.

Datos de situación geográfica del sector Curgua

Parámetro	Valor
Sector	Curgua
Ubicación	1°38'11.05"S 79°00'16.09"W
Altitud	2474 msnm
Latitud	-1.6446867 o
Longitud	-79.0045364 o
Rango	5,245.13 m

Nota: Datos obtenidos de Google Earth (GPS)

Climáticamente, la zona presenta una temperatura mínima promedio de 9ºC, una temperatura media anual de 18 °C y una temperatura máxima de 22ºC con una precipitación de 985 mm y una humedad relativa promedio del 71 %.

3.1.3. Zona de Vida

En los sectores que se desarrollara la investigación corresponde a una zona de vida dominada bosques nublados en las estribaciones montañosas y el ecosistema de páramo en zonas altas. De acuerdo con lo que afirma la clasificación Ecológica de (Holdrige 1979).

3.2. Metodología

3.2.1. Material en Estudio

El canal de riego del sector Atandahua y la cuenca hídrica del río Chimbo del sector Curgua, suelo y productos agrícolas (maíz, papa y haba).

3.2.2. Factores en Estudio

La presente investigación tiene como factor de estudio a la calidad del agua de irrigación, análisis del suelo y la incidencia de los productos agrícolas de los sectores de Atandahua y Curgua.

3.2.3. Descripción Técnica de Ensayo

Esta investigación se basó en la metodología para determinar la calidad del agua de irrigación, tomando como referencia las normas, parámetros y protocolos de las normativas TULSMA, INEN e ISO para la calidad de agua para riego, calidad del suelo y la presencia de contaminantes en los alimentos.

3.2.3.1. Criterios de calidad de agua de uso agrícola o de riego (TULSMA)

Tabla 3.

Criterios de calidad admisibles para agua de uso agrícola.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Materia flotante	visible		**Ausencia**
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02
Solidos disueltos totales		mg/l	3000
Coliformes Totales	nmp/100 ml		1000
Huevos de Parásitos		Huevos por litro	**cero**
Zinc	Zn	mg/l	2

Nota: Modificado del Código Orgánico del Ambiente (COA) - TULSMA

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utiliza también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y debe autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado.

Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
- Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
- Sólidos disueltos totales.
- Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.

- Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
- RAS, relación de absorción de sodio ajustada.
- Afecta a los cultivos susceptibles.

Tabla 4.

Paramentos de los niveles guía de la calidad de agua para riego

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	GRADO DE RESTRICCIÓN			
		Ninguno	**Ligero**	**Moderado**	**Severo**
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Toxicidad por ión especifico (5) Efectos misceláneos (7)					
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5	5	30	>30,0
- Bicarbonato (HCO3)	meq/l	1,5	1,5	8,5	>8,5
pH	Rango normal	6,5 - 8,4			

Nota: Modificado del Código Orgánico del Ambiente (COA) - TULSMA

3.2.3.2. Criterios de calidad del suelo para uso agrícola

Los parámetros de calidad del suelo, regulados por normativas nacionales como el Anexo 2 del Acuerdo Ministerial 97-A, evalúan características físicas, químicas y biológicas para prevenir la contaminación y garantizar usos agrícolas, forestales o industriales seguros. Los límites permisibles dependen del uso del suelo, enfocándose en metales pesados, pH, materia orgánica y conductividad eléctrica.

Tabla 5.

Parámetros para la valoración de la calidad inicial del suelo según uso del suelo.

Uso del suelo	Parámetros a evaluar por uso del suelo
Agrícola	Metales (bario, boro, cadmio, cromo, níquel, plomo, arsénico, mercurio, zinc)
	Plaguicidas (organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides)
	Contenido de materia orgánica en el suelo
	Conductividad eléctrica
	Nitrógeno total
	Ph
	Humedad
	Espesor de la capa arable

Nota: Modificado del anexo 1 del Acuerdo Ministerial 97-A

Tabla 6.

Criterios de calidad del suelo

Parámetro	Unidades (Concentración en peso seco de suelo)*	Valor
Parámetros Generales		
Conductividad	mmhos/cm	2
pH		6 a 8
Parámetros inorgánicos		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Cadmio	mg/kg	0,5
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2,5
Mercurio	mg/kg	0,1
Plomo	mg/kg	25
Parámetros orgánicos		
Contenido de materia orgánica en el suelo	mg/kg	-
Nitrógeno total	mg/kg	-
Bacterias aerobias	mg/kg	-
Detergentes		-

Nota: Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 97-A

3.2.4. Tipo de Diseño experimental o Estadístico

La presente investigación se basó en un diseño estadístico descriptivo, donde se empleará un enfoque cuantitativo de nivel correlacional con los datos obtenidos de los sistemas de irrigación de los sectores de Atandahua y Curgua. Los tipos de análisis se estructuró de la siguiente manera:

3.2.5. Tipo de Análisis

3.2.5.1. Análisis de coeficiente de correlación paramétrica (Pearson)

La investigación empleó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar el grado de relación estadística entre la calidad del agua de los sistemas de irrigación y las características microbiológicas de los productos agrícolas, facilitando la identificación de tendencias positivas o negativas.

Los coeficientes de correlación son herramientas extensamente utilizadas para analizar diferentes tipos de asociación entre variables en individuos pertenecientes a poblaciones bajo estudio. Se encuentran en prácticamente todas las áreas de conocimiento empírico, incluidas las ciencias sociales, agrarias, económicas, de la salud, ingenierías, física y muchas otras (Ortiz Pinilla & Ortiz Rico, 2021).

Este coeficiente se calcula con los valores observados de parejas de datos numéricos

$$(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_i, y_i), \dots, (x_n, y_n)$$

De dos variables cuantitativas X, Y evaluadas en un conjunto de n individuos. Se define como la covarianza muestral entre los componentes tipificados de las parejas de datos:

$$\boldsymbol{r_{XY}} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{x_i - \bar{x}}{s(x)}\right)\left(\frac{y_i - \bar{y}}{s(y)}\right)$$

En donde, $s()$ es la desviación estándar muestral (Ortiz Pinilla & Ortiz Rico, 2021).

3.2.5.2. Análisis de asociación no paramétrica (Chi-cuadrado)

Se utilizó el estadístico chi-cuadrado con el fin de analizar la dependencia entre variables categóricas. Mediante el contraste de hipótesis, se evaluará si la calidad del agua y el estado microbiológico de los productos agrícolas son independientes o si, por el contrario, guardan una relación significativa dentro del contexto de esta investigación.

Una de las distribuciones más comunes en pruebas estadísticas es la distribución Chi Cuadrado. Esta distribución, actúa de forma especial en contextos donde se requiere evaluar la variabilidad de los datos o la relación entre variables categóricas. Asimismo, se usa para comprobar hipótesis sobre si ciertos datos son como se esperaba (Llauce Santamaria, Saldaña Miranda, & Olivera Aldana, 2024).

Ambas pruebas de chi-cuadrado de Pearson utilizan la misma fórmula para calcular el estadístico de prueba, chi-cuadrado x^2:

$$\boldsymbol{x^2} = \sum \frac{(O - E)^2}{E}$$

Donde:

$\boldsymbol{x^2} = Es\ el\ estadistico\ de\ prueba$

$\sum = Es\ el\ operador\ de\ sumatoria$

$\boldsymbol{O} = Es\ la\ frecuencia\ observada$

$\boldsymbol{E} = Es\ la\ frecuencia\ esperada$

Variables de Estudio

V. Independiente: La calidad de agua de los sistemas de irrigación de los sectores de Atandahua y Curgua.

V. Dependiente: La incidencia de los productos agrícolas mediante los análisis obtenidos.

3.2.6. Métodos de evaluación y datos a tomarse

En primera instancia se realizó la identificación de los sectores mediante mapeo y ubicación con herramientas tecnológicas como: GPS Map camera, Google Mapper, Google Earth, Survey123 y ArcGIS, ya que posteriormente se acudió a la determinación de los puntos de muestreo en los sistemas de irrigación, es decir, que para el canal de irrigación de aproximadamente 4.5 km del sector de Atandahua se realizó en cuatro puntos: zona alta, zona media alta, zona media baja y zona baja, mientras que para el sector de Curgua se considerará 1 km, específicamente en la zona anteriormente llamado el botadero en la fuente hídrica del río Chimbo con tres puntos de muestreo: zona alta, zona media (ex botadero) y zona baja.

El método para la recolección de muestras se basó mediante las normativas NTE INEN 2169 que establece la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestra conjuntamente con la NTE 2176 calidad del agua, muestreo y técnicas de muestreo.

3.2.7. Manejo de la Investigación

3.2.7.1. Delimitación de los sistemas de irrigación

Para delimitar los sectores de la presente investigación se utilizó las aplicaciones móviles GPS Map Camera, Survey123 y el software ArcGIS en la cual permite mapear, delimitar, identificar y visualizar los relieves de los sectores tanto para el canal de riego de Atandahua como para la fuente hídrica del río Chimbo en el sector Curgua basado a la naturaleza del suelo.

3.2.7.2. Ubicación de la zona de estudio

Ya teniendo las delimitaciones de los sistemas de irrigación en los sectores, se acudió a visitar las zonas teniendo en cuenta la accesibilidad, la producción agrícola de la zona y las actividades antropogénicas que se estén desarrollando en las orillas de los sistemas para considerar un monitoreo para el respectivo muestreo y conservación de la misma.

En el canal de riego de Atandahua se consideró determinar cuatro puntos estratégicos de aproximadamente en fracciones de 1 km ya que el canal constituye con una distancia de 4.5 km respectivamente, mientras que en el sector Curgua se consideró 1 km con tres puntos estratégicos en la fuente hídrica del río Chimbo considerando el punto medio la parte anteriormente llamado el botadero, con la ayuda de georreferenciación con las aplicaciones ya mencionadas.

3.3. Fase de Campo: Caracterización de la calidad del agua

3.3.1. Obtención de muestras

La toma de muestras se efectuó en cuatro puntos (Atandahua); tres puntos (Curgua) bajo los estándares de la norma INEN 2169:2013. En la cual, se aplicó un protocolo de purga y sellado hermético, asegurando que las muestras se conserven mediante una cadena de frio para evitar la actividad de los componentes microbiológicos y físicos de interés. La recolección de los volúmenes de agua se efectuó en frascos de 1000 ml. Estos recipientes cumplen con los requisitos de preservación necesarios para el análisis de parámetros fisicoquímicos complejos (metales, DBO y DQO) y el estudio de las poblaciones biológicas presentes en la matriz.

El muestreo se realizó de la siguiente manera:

- Las tomas se efectuaron en la sección media de la fuente hídrica para garantizar la representatividad por homogeneidad, posicionando el envase en contracorriente a una profundidad intermedia.

- Para asegurar la pureza del análisis, los recipientes se acondicionaron mediante lavados previos con el agua del sitio. Asimismo, el sellado se realizará bajo la superficie para evitar la inclusión de burbujas de aire.

- Se emplearon equipos de protección personal (guantes y material técnico) para mitigar riesgos de contaminación externa por parte del que realice el muestreo.

3.3.2. Etiquetado

Tras la obtención de cada muestra, se procedió con el registro mediante etiquetas detalladas que incluían características de los puntos, las coordenadas o descripción del sitio, y el registro cronológico (fecha y hora) de la toma. Este sistema de rotulado garantiza la trazabilidad de los ejemplares, mitigando riesgos de errores operativos o confusiones durante las etapas posteriores de laboratorio.

3.3.3. Transporte

La preservación de las propiedades originales de la matriz se aseguró mediante el uso de hieleras acondicionadas a menos de 5 °C. Este protocolo de transporte frío mitiga posibles alteraciones químicas o microbiológicas antes de su arribo al centro de análisis. Siguiendo las normas técnicas, el procesamiento de todas las muestras se realizó dentro de un margen inferior a las 24 horas post-muestreo.

3.3.4. Métodos para el análisis

Con el propósito de asegurar la precisión de los datos, las determinaciones químicas y biológicas se desarrolló en un centro de análisis especializado de los laboratorios de Investigación y Vinculación de la UEB. Se utilizarán equipos debidamente certificados y calibrados, operados en conjunto con insumos químicos de alta pureza, cumpliendo así con los protocolos internacionales de control de calidad en laboratorio.

3.3.5. Fase de Laboratorio: Calidad del agua

Esta etapa analítica constituye un componente crítico que demanda infraestructura técnica avanzada y un entorno estrictamente controlado, condiciones que superan las capacidades del monitoreo *in situ*. Por consiguiente, los ejemplares serán remitidos a un centro especializado, donde el uso de metodologías normalizadas y la intervención de personal técnico cualificado aseguran la producción de resultados con altos índices de exactitud y confiabilidad, fundamentales para el diagnóstico de la calidad del agua de irrigación.

3.4. Fase de Campo: Caracterización de la calidad del suelo

3.4.1. Obtención de Muestras

La metodología de muestreo de suelo sigue los estándares técnicos de la NTP 339.089, adoptados por Agrocalidad. El proceso consiste en obtener la muestra a través de cortes en "V" en el terreno, las cuales son mezcladas para asegurar su uniformidad. Posteriormente, se aplica el método de cuarteo hasta alcanzar una muestra representativa de 1 kg, procediendo finalmente a su etiquetado detallado con los datos geográficos y agronómicos del sitio.

3.4.2. Etiquetado

Las muestras se colocarán en fundas plásticas ziploc higiénicas de capacidad de 1 kg y se rotuló con la información del sector o punto, la fecha y las características respectivas. Luego, se envió a los laboratorios de la UEB y de la UCE para realizar los análisis físicos, químicos y microbiológicos necesarios, siguiendo las normativas vigentes para garantizar que los resultados sean confiables.

3.5. Fase de Laboratorio: Calidad del suelo

Tras la recolección, el suelo fue enviado al laboratorio siguiendo métodos oficiales.

La presente investigación se centra en determinar variables esenciales como: el (pH), textura, la presencia de metales y el análisis de micro y macronutrientes. Al obtener los resultados se determinó la información sobre la salud del suelo.

3.6. Fase de Campo: Caracterización de los productos agrícolas

3.6.1. Obtención de Muestras

En la presente investigación se analizó los productos agrícolas de mayor producción de las zonas en las que destacan el maíz, habas y papas, en donde, el protocolo de muestreo se basa en la normativa de Agrocalidad, priorizando la representatividad mediante un diseño estratificado en los puntos de muestreo establecidos. Los productos agrícolas deben estar en madurez de cosecha y cumplir con los pesos

mínimos de la FAO de aproximadamente de 1 kg tanto para granos como para vegetales frescos. Es crítico mantener la cadena de frío entre 2 °C y 6 °C, además de asegurar un sellado que prevenga la fotodegradación y la contaminación cruzada durante el transporte.

3.6.2. Etiquetado

Se envió las muestras de los productos agrícolas de maíz, habas y papas al laboratorio pertinente para realizar pruebas físico químicas bajo normas técnicas. Se evaluó parámetros de calidad de los alimentos tras un riguroso. Esto asegura la validez de los resultados, fundamentales para entender la incidencia que puede presentar.

3.7. Equipos y Materiales

Los equipos y materiales que se utilizaron para determinar los parámetros físicos, químicos y microbiológicos en agua, suelo y los productos agrícolas tanto para la toma de muestras agrícolas como en el laboratorio de Investigación y Vinculación de la UEB, donde se describen a continuación:

Tabla 7.

Materiales y equipos utilizados en el proyecto de investigación

Materiales	Modelo	Función	Imagen
Botellas plásticas	-	Almacenar, transportar y conservar reactivos o muestras líquidas	
Botellas vidrio ámbar	-	Almacenar muestras o sustancias sensibles a la luz para evitar su degradación fotosensible	
Fundas Ziploc	-	Muestrear, almacenar o aislar reactivos sólidos, insumos o reactivos protegiéndolos de la humedad.	

Palas	-	Tomar, recolectar o transferir muestras sólidas o en polvo.	
Espátula	-	Tomar pequeñas cantidades de compuestos químicos en polvo o granos durante el pesaje o manipulación	
Probetas vidrio	-	Medir volúmenes de líquidos de manera aproximada con buena resistencia térmica y química.	
Probetas plástico	-	Medir volúmenes de líquidos aproximados con menor riesgo de rotura.	
Matraz Erlenmeyer	-	Mezclar, calentar o agitar soluciones de forma segura sin riesgo de salpicaduras.	
Matraz Kitasato	-	Realizar filtraciones al vacío conectándolo a una bomba de succión o trompa de agua.	
Matraz aforado	-	Preparar soluciones de volumen exacto gracias a su única marca de aforo de precisión	
Vasos de precipitado	-	Mezclar, disolver, calentar sustancias y realizar trasvases de líquidos.	
Soporte universal	-	Sostener y sujetar materiales de laboratorio mediante pinzas y aros durante experimentos.	
Pipetas	-	Transferir y medir volúmenes exactos o pequeños de líquidos.	
Filtros de membrana	-	Retener micropartículas o microorganismos para purificar o esterilizar soluciones mediante filtración.	

Tubos de ensayo	-	Contener, calentar o realizar pequeñas reacciones químicas a escala reducida.	
Buretas de precisión	-	Dispensar volúmenes de líquido cuantitativamente y con alta exactitud en titulaciones.	
Cajas Petri	-	Cultivar microorganismos (bacterias, hongos) sobre medios nutritivos en microbiología.	

Equipos	Modelo	Función	Imagen
Turbidímetro	Hach 2100q	Mide la turbidez del agua.	
Medidor multiparámetro portátil	Hach HQ40d	Mide pH, conductividad, oxígeno disuelto, etc., según los sensores conectados.	
Bloche digestor	Hach DRB 200	Para digestión de muestras de DQO, nitrógeno total, fósforo total, etc.	
Espectrofotómetro portátil	Hach DR 2800	Mide nitritos, nitratos, cloro, metales, STD, DQO, DBO, etc.	
Incubador de agitación de DBO	Hach BODTrak ™ II	Aparato para la determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).	
Balanza analítica de alta precisión	Mettler Toledo Serie MS	Balanza semi-micro / analítica utilizada para pesaje de precisión en miligramos y submilligramos.	
Agitador de dispersión / Mezclador de laboratorio	Humboldt	Comúnmente utilizado en ensayos de suelos, como la prueba de hidrómetro o preparación de suspensiones.	

Licuadora / Homogeneizador de muestras	Oster Fusion	Empleada para triturar o homogeneizar muestras biológicas o de alimentos.	
Equipo de filtración para membrana	-	Sistemas mecánicos que usan una barrera porosa para separar partículas, bacterias o moléculas suspendidas en un líquido según el tamaño de su poro.	
Incubadora	Memmert	Se utiliza para cultivar y mantener cultivos biológicos o celulares bajo condiciones ambientales óptimas y estrictamente controladas.	
Cámara de flujo laminar	JP Inglobal Cia. Ltda.	Equipo de laboratorio diseñado para crear un entorno estéril y libre de contaminantes.	

Reactivos	**Modelo**	**Función**	**Imagen**
TNT 821 (LR - Low Range COD / DQO rango bajo)	Hach	Viales de reactivo precalibrados (TNTplus) para la determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO) mediante espectrofotometría.	
Sobre de polvo NitriVer® 3 Hach MSDS M00055	Hach	Se utiliza para la determinación colorimétrica de Nitritos de rango bajo (LR - Low Range) en muestras de agua.	
Ampollas autocargables AccuVac®	-	Contienen una dosis exacta de reactivo al vacío para realizar un análisis fotométrico rápido en campo o laboratorio.	
Acido ortofosfórico (H_3PO_4)	-	Agente acidificante, en la preparación de soluciones amortiguadoras (buffers) y para enmascarar interferencias de cationes	

Ácido sulfúrico (H_2SO_4)	-	Deshidratante, catalizador ácido y medio fuertemente ácido para digestiones químicas	
Dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$)	-	Agente oxidante fuerte y patrón primario en titulaciones redox	
Difenilamina ($C_{12}H_{11}N$)	-	Indicador redox y en la detección de nitratos u otros agentes oxidantes.	
Hidróxido de Sodio (NaOH)	-	Fuerte para neutralizar ácidos, ajustar el pH a medios alcalinos y preparar soluciones estándar en titulaciones ácido-base	

Nota: Todos los materiales se utilizaron para el muestreo de agua, suelo y productos agrícolas, así como los equipos utilizados en la fase de desarrollo en el laboratorio del centro de Investigación y Vinculación de la UEB.

3.8. Variables a determinar

Para determinar la incidencia sobre la calidad del agua de irrigación en cuanto a los productos agrícolas se detallada los parámetros de calidad en tres factores como la calidad del agua, la calidad del suelo y la calidad de los productos agrícolas. Los análisis se basaron en el estudio de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos acoplándose a las normativas nacionales vigentes. Toda la información obtenida se determinó la calidad del agua de irrigación.

3.9. Calidad de Agua de Irrigación (método de evaluación)

3.9.1. Parámetros Físicos

La presente investigación determinó los parámetros físicos de la calidad de agua de irrigación del canal de riego de Atandahua y la fuente hídrica del río Chimbo del sector Curgua, en las cuales predominaran los siguientes análisis:

- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Turbidez

- Conductividad Eléctrica (CE)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Nitritos y Nitratos

3.9.2. Parámetros Químicos

La presente investigación determinó los parámetros químicos de la calidad de agua de irrigación del canal de riego de Atandahua y la fuente hídrica del río Chimbo del sector Curgua, en el cual, la presencia del metal pesado como:

- Cadmio (Cd)

3.9.3. Parámetros Microbiológicos

La presente investigación determinó los parámetros microbiológicos de la calidad de agua de irrigación del canal de riego de Atandahua y la fuente hídrica del río Chimbo del sector Curgua, en las cuales predominaran los siguientes análisis:

- Coliformes Fecales
- Coliformes Totales
- Parásitos (*Geardias y Cryptoporidium*)

3.10. Calidad del Suelo (método de evaluación)

3.10.1. Parámetros Físicos

La presente investigación determinó los parámetros físicos de la calidad del suelo de los cultivos en los puntos determinados para muestreo en el canal de riego de Atandahua y los cultivos aledaños de la fuente hídrica del río Chimbo del sector Curgua, en donde se determinó lo siguiente:

- Potencial de Hidrogeno (pH)
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Textura
- Macro y Micro nutrientes
- Nitritos y Nitratos

3.10.2. Parámetros Químicos

La presente investigación determinó los parámetros químicos de la calidad del suelo de los puntos establecidos en el canal de riego de Atandahua y la fuente hídrica del río Chimbo del sector Curgua, en la cual, se determinó la presencia de metales pesados como la presencia de:

- Cadmio (Cd)
- Arsénico (As)
- Plomo (Pb)

3.11. Calidad de los Productos Agrícolas (método de evaluación)

3.11.1. Parámetros Químicos

La incidencia de las matrices de productos agrícolas (maíz, papa y habas) de los sectores de Atandahua y Curgua, se determinó de igual forma en la presencia del metal pesado como:

- Cadmio (Cd)

3.11.2. Parámetros Microbiológicos

La presente investigación determinó los parámetros microbiológicos en los productos agrícolas de los cultivos aledaños del canal de riego de riego de Atandahua y la fuente hídrica del río Chimbo del sector Curgua, en los puntos determinados, las cuales son:

- Coliformes Fecales
- Coliformes Totales
- Parásitos (*Geardias y Cryptoporidium*)

3.12. Interpretación de los Resultados

Obteniendo los resultados se realizó el análisis estadístico mediante los diseños establecidos como el coeficiente de correlación paramétrica Pearson *(r)* y Chi-cuadrado (x^2).

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Interpretación de Resultados

En base a los resultados de los laboratorios de investigación y vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar y el departamento de petróleos, energía y contaminación de la Universidad Central del Ecuador de las muestras tanto de agua, suelo y productos agrícolas.

4.1.1. Determinación de la Georreferenciación

Mediante el uso de del software ArcGis se determinó las fuentes hídricas de cada uno de los sectores con los puntos de muestreo corrientes, es decir, cuatro puntos en el canal de riego de Atandahua y tres puntos en la cuenca hídrica del río Chimbo del sector de Curgua en las cuales se presentan en las figuras presentes:

- **Mapas de las cuencas hídricas de los sectores**

Figura 1.

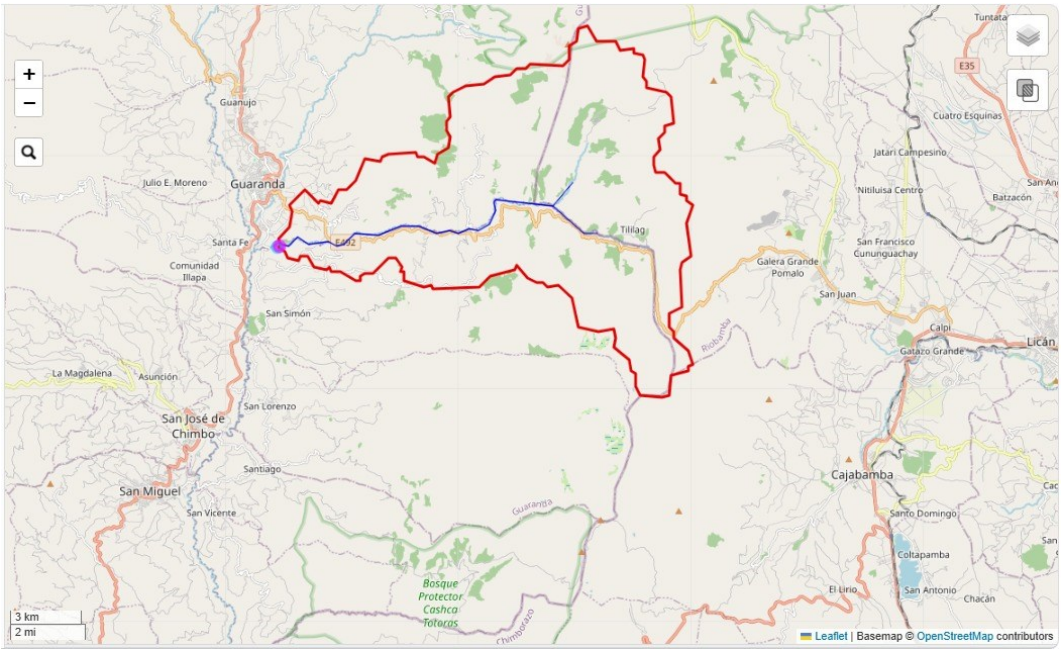
Cuenca Hídrica del sector Atandahua



Nota: La línea de color rojo representa la fuente hídrica que recorre el rio Salinas que depende el canal de riego del sector Atandahua.

Figura 2.

Cuenca Hídrica del sector de Curgua

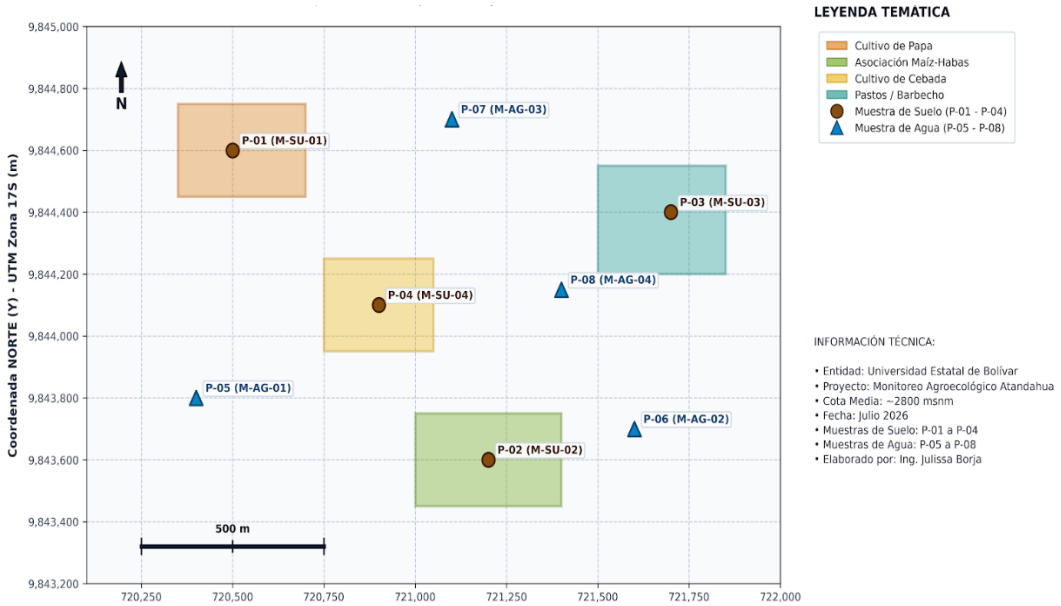


Nota: La línea roja representa la fuente hídrica en donde nace el rio Chimbo que cruza por el sector Curgua.

- **Mapas de determinación de los puntos de muestreo de cada sector**

Figura 3.

Mapa de monitoreo agrícola y puntos de muestreo del sector de Atandahua



Nota: Los puntos rojos presentan los lugares donde se tomo las muestras de suelo, los triangulos azules presentan los sitios de muestreo de agua y los cuadrados de colores presentan los cultivos de

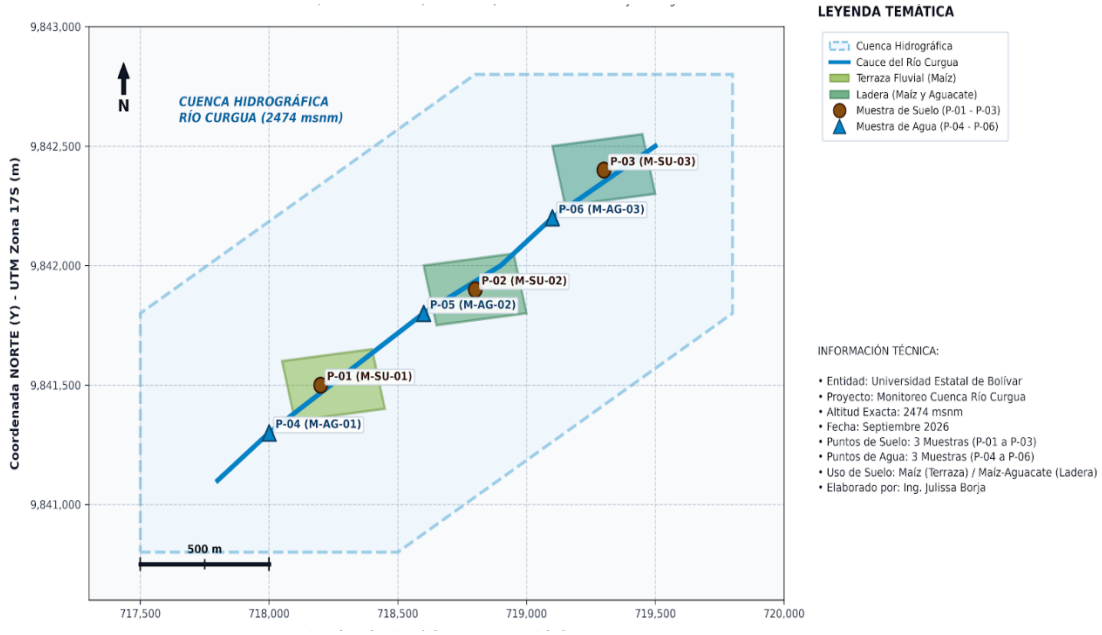
los productos agricolas como: naranja (cul. papa), amarillo (cultivo cebada), verde (asociacion de maiz-haba) y azul (Pasto/Barbecho).

El presente mapa ilustra la distribución espacial del Proyecto de Monitoreo Agroecológico, llevado a cabo en el sector Atandahua, cantón Guaranda, provincia de Bolívar, Ecuador, a una altitud media aproximada de 2800 m s. n. m. La representación gráfica se encuentra georreferenciada bajo el sistema de referencia geodésico WGS 84/ UTM Zona 17 Sur (EPSG: 32717), lo que permite una ubicación cartográfica precisa de las unidades de estudio y los puntos de interés.

En la zona de estudio presenta una dinámica agrícola y pastoril diversificada, identificándose en la leyenda temática cuatro coberturas principales: Cultivo de papa, asociación maíz-habas, cultivo de cebada y pastos y en la zona de muestreo de agua son focalizados en los recursos hídricos del sector, abarcando vertientes, canales principales de riego, reservorios y escorrentías naturales.

Figura 4.

Mapa de monitoreo agrícola y puntos de muestreo de la fuente hídrica del río Chimbo en el sector de Curgua



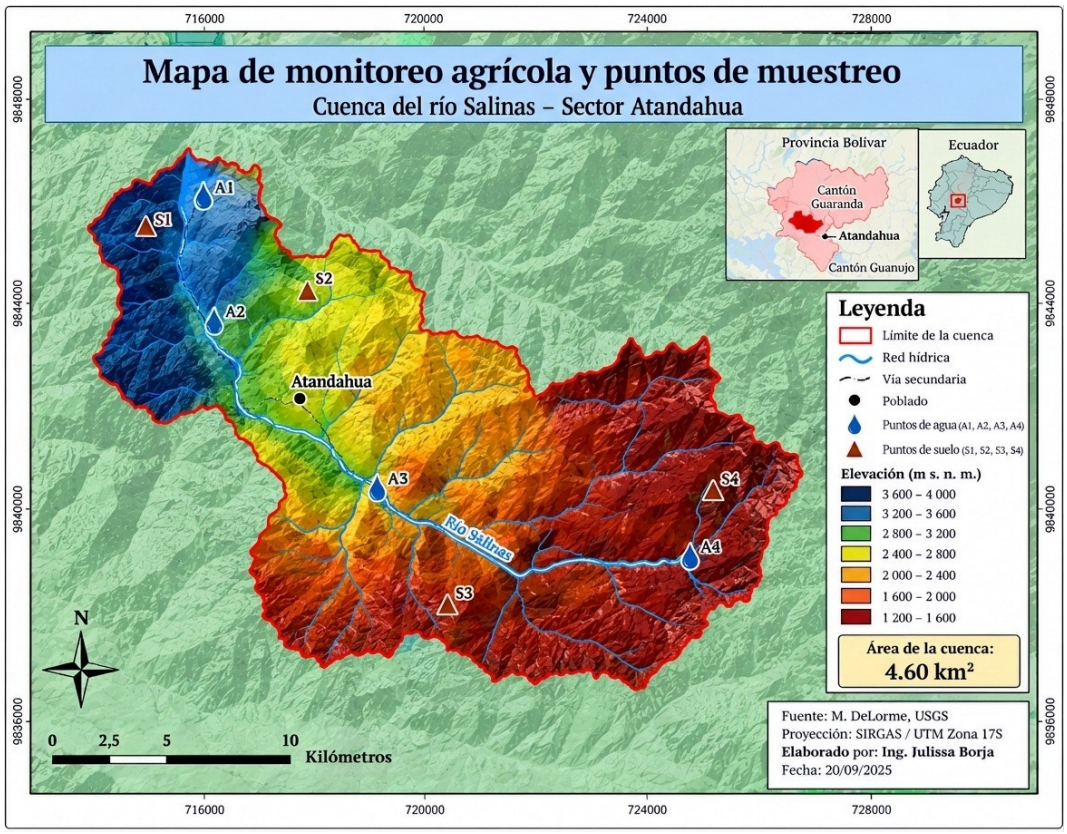
Nota: Los puntos rojos presentan los lugares donde se tomo las muestras de suelo, los triangulos azules presentan los sitios de muestreo de agua, la linea azul representa el cause del río Chimbo, el recuadro de lineas punteadas de color celeste presenta a la cuenca hidrica del río Chimbo y los cuadros verdosos presenta a las areas de cultivo de maiz.

La presente cartografía detalla la cuenca hidrográfica y la red hídrica del sector Curgua en la provincia de Bolívar, Ecuador, a una altitud de 2474 m s. n. m., georreferenciada bajo el sistema WGS 84 / UTM Zona 17 Sur. El mapa espacializa las unidades de uso del suelo divididas en terraza fluvial con cultivo de maíz y laderas con maíz y aguacate, integrando un sistema de monitoreo compuesto por seis estaciones de muestreo distribuidas equitativamente en tres puntos de suelo y tres puntos de agua ubicados a lo largo del cauce del río Chimbo.

- **Mapas generales de cada sector**

Figura 5.

Mapa general del sector Atandahua

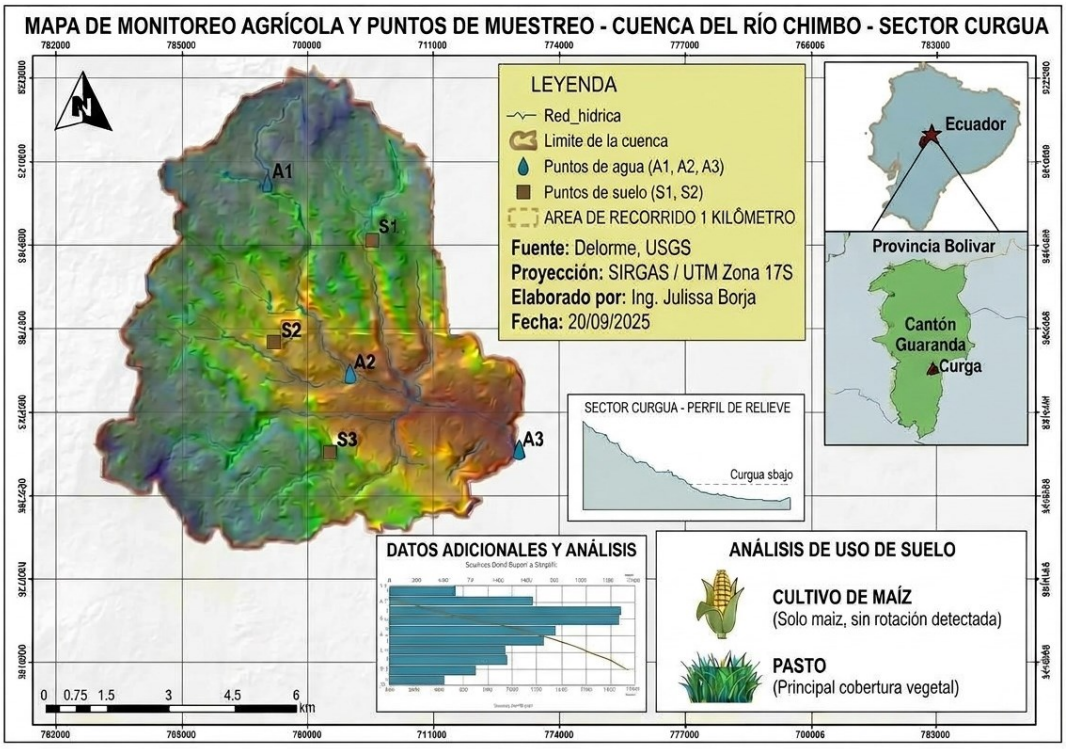


Nota: Los elementos del mapa describe mediante la leyenda de ficha técnica.

Este mapa refleja una ilustracion general de cada punto determinado durante el tramo del canal de irrigación del sector de atandahua en cuanto al monitoreo agricola y puntos de muestreo.

Figura 6.

Mapa general del sector Curgua.



Nota: Los elementos del mapa describe mediante la leyenda de ficha técnica.

El mapa general del sector Curgua presenta la ubicación y los análisis de agua, suelo y maíz que se realizaron durante el tramo de 1 km de la fuente hídrica del río Chimbo.

4.1.2. Resultados de los análisis de agua de irrigación

Las siete muestras recolectadas en los puntos determinados mediante georreferenciación, en las cuales se consideró que, las muestras 1 a 4 pertenecen al canal de riego del sector de Atandahua, mientras que, las muestras 5 a 7 pertenecen a la fuente hídrica del río Chimbo en el sector de Curgua, donde, se analizó mediante los laboratorios de Investigación y Vinculación de la Universidad Estatal de Bolívar y el Departamento de Petróleos, Energía y Contaminación de la Facultad de Ingeniería Química en la Universidad Central del Ecuador.

4.1.2.1. Resultados de los análisis de agua del canal de riego del sector de Atandahua

En el canal de riego del sector de Atandahua se estableció cuatro puntos de muestreo de agua, en los cuales se determinó los siguientes parámetros de calidad del agua para uso agrícola indicados en las tablas 8 a la 11 que se muestran a continuación:

Tabla 8.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 1

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
1	INV - 1066	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	7,51
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	252
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	120
Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	4,45
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,003
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,7
DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	0
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	18
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Presencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °1 se asignó con un código INV-1066 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 7,51 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 252 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 120 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 4,45 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinó indicadores como nitritos (0,003 mg/l), nitratos (0,7 mg/l), DQO (0 mg/l), DBO (18 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy numerosas para contar (MNPC), mientras que las presencias de parásitos fueron de *Giardia* y una ausencia de *Cryptosporidium* en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

Tabla 9.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 2

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
2	INV - 1067	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	7,76
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	250
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	119,4

Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	4,45
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,001
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,5
DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	0
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	19
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Presencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °2 se asignó con un código INV-1067 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 7,76 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 250 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 119,4 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 4,45 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinó indicadores como nitritos (0,001 mg/l), nitratos (0,5 mg/l), DQO (0 mg/l), DBO (19 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy numerosas para contar (MNPC), mientras que las presencias de parásitos fueron de *Giardia* y una ausencia

de *Cryptosporidium* en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

Tabla 10.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 3

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
3	INV - 1068	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	7,78
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	252
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	120,2
Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	4,52
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,001
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,8
DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	0
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	18
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °3 se asignó con un código INV-1068 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 7,78 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 252 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 120,2 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 4,52 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinó indicadores como nitritos (0,001 mg/l), nitratos (0,8 mg/l), DQO (0 mg/l), DBO (18 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy fsas para contar (MNPC), mientras que las presencias de parásitos fueron de *Giardia* y *Cryptosporidium* en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

Tabla 11.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 4

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
4	INV - 1069	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	7,93
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	262
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	125,1
Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	5,61
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,003
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,5

DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,0
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	21
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °4 se asignó con un código INV-1069 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 7,93 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 262 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 125.1 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 5,61 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinó indicadores como nitritos (0,003 mg/l), nitratos (0,5 mg/l), DQO (0 mg/l), DBO (21 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy numerosas para contar (MNPC), en la determinación de parásitos hubo la ausencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* de todas formas expresado en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

4.1.2.2. Resultados de los análisis de agua en el sector Curgua

En el sector de Curgua se analizó tres puntos de muestreo de agua, en los cuales se determinó los parámetros planteados para la calidad del agua para uso de riego como se refleja en las tablas número 12 a 14 que se presentan a continuación:

Tabla 12.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 5

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
5	INV - 1070	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	7,79
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	265
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	126,4
Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	6,33
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,044
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	1,0
DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	9,0
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	21
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Presencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °5 se asignó con un código INV-1070 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 7,79 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 265 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 126,4 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 6,33 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinó indicadores como nitritos (0,044 mg/l), nitratos (1,0 mg/l), DQO (9,0 mg/l), DBO (21 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy numerosas para contar (MNPC), mientras que las presencias de parásitos fueron de *Cryptosporidium* y una ausencia de *Giardia* en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

Tabla 13.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 6

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
6	INV - 1071	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	4,74
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	268
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	127,6

Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	5,13
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,075
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	1,3
DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	1
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	25
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Presencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °6 se asignó con un código INV-1071 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 4,74 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 268 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 127,6 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 5,13 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinaron indicadores como nitritos (0,075 mg/l), nitratos (1,3 mg/l), DQO (1,0 mg/l), DBO (25 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy numerosas para contar

(MNPC), mientras que las presencias de parásitos fueron de *Cryptosporidium* y una ausencia de *Giardia* en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

Tabla 14.

Resultados de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del agua de irrigación de la muestra 7

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
7	INV - 1072	09 - 10/ 06/2026	Agua de Irrigación	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		6,00 - 9,00	Potenciométrico	7,71
Conductividad Eléctrica	µs/cm	3000 - Severo	Conductivimétrico	276
Solidos Totales Disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	132,1
Turbidez	NTU	-	Nefelométrico	6,02
Parámetros Químicos				
Nitritos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,067
Nitratos	mg/l	-	Espectrofotométrico	0,9
DQO	mg/l	-	Espectrofotométrico	7
DBO	mg/l	-	Espectrofotométrico	29
Cadmio	mg/l	0,05	Espectrofotometría de absorción atómica	< 0,020
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100ml	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	NMP/100ml	< 1,1	Filtración por membrana	MNPC
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopio	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °7 se asignó con un código INV-1072 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En los parámetros físicos se determinó indicadores como el pH con un valor de 7,71 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 276 µs/cm mediante el método conductivimétrico, los sólidos disueltos totales (SDT) con un valor de 132,1 g/l mediante el método espectrofotométrico y la turbidez con un valor de 6,02 NTU (unidades nefelométricas de turbidez) mediante el método nefelométrico.

Para los parámetros químicos se determinaron indicadores como nitritos (0,067 mg/l), nitratos (0,9 mg/l), DQO (7,0 mg/l), DBO (29 mg/l) y el metal pesado que se consideró a analizar fue el cadmio con un valor de < 0,020 mg/l mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los parámetros microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes totales y fecales mediante el método de filtración por membrana, dando como resultado que sus unidades formadoras de colonias (UFC) fueron muy numerosas para contar (MNPC), en la determinación de parásitos hubo la ausencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* de todas formas expresado en unidades de número de quistes/litro por medio del método de microscopia óptica.

4.1.3. Resultados de análisis del suelo

Los resultados de los análisis de suelo de los sectores de Atandahua y Curgua se realizó de igual forma con siete muestras en las cuales se determinó parámetros físicos y químicos donde se obtuvo los siguientes datos como se demuestra en las tablas 15 al 21.

4.1.3.1. Resultados de los análisis de suelo de los cultivos del sector Atandahua

Se analizó cuatro muestras de suelo en los puntos determinados durante el trayecto del canal del sector Atandahua en donde se obtuvo los siguientes valores representados en las tablas 15 a 18.

Tabla 15.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 1

Muestra N°	Código	Fecha de Análisis	Fuente de Análisis	
1	INV - 1161	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,84
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	57,40
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	1,25
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,14
Carbono Total	%	-	Método de combustión	1,78
Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,66
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	11,7
Relación C/H	%	-	Método de combustión	2,68
Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	1,779
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,42
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	37,8
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,05

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °1 se asignó con un código INV-1161 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,84 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 57,40 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 1,25% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,14%), Carbono total (1,78%), Hidrogeno total (0,66%), Azufre total (0%), Relación C/N (11,7%), Relación C/H (2,68%), Nitratos (37,8 mg/kg), Nitritos (0,05 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (1,779 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,42 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 16.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 2

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
2	INV - 1162	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,73
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	76,30
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	0,88
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,08
Carbono Total	%	-	Método de combustión	0,94

Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,571
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	11,19
Relación C/H	%	-	Método de combustión	1,65
Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	1,979
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,02
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	39,1
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,119

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °2 se asignó con un código INV-1162 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,73 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 76,30 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 0,88% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,08%), Carbono total (0,94%), Hidrogeno total (0,571%), Azufre total (0%), Relación C/N (11,19%), Relación C/H (1,65%), Nitratos (39,1 mg/kg), Nitritos (0,119 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (1,979 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,02 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 17.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 3

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
3	INV - 1163	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,97
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	71,30
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	0,82
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,06
Carbono Total	%	-	Método de combustión	0,74
Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,531
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	11,37
Relación C/H	%	-	Método de combustión	1,39
Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	1,792
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,49
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	9,40
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,080

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °3 se asignó con un código INV-1163 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,97 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 71,30 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 0,82% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,06%), Carbono total (0,74%), Hidrogeno total (0,531%), Azufre total (0%), Relación C/N (11,37%), Relación C/H (1,39%), Nitratos (9,40 mg/kg), Nitritos (0,080 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (1,792 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,49 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 18.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 4

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
4	INV - 1164	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,85
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	106,60
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	1,06
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,07
Carbono Total	%	-	Método de combustión	0,76
Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,477
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	9,99
Relación C/H	%	-	Método de combustión	1,60

Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	2,016
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,35
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	39,60
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,066

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °4 se asignó con un código INV-1164 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,85 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 106,60 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 1,06% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,07%), Carbono total (0,76%), Hidrogeno total (0,477%), Azufre total (0%), Relación C/N (9,99%), Relación C/H (1,60%), Nitratos (39,60 mg/kg), Nitritos (0,066 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (2,016 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,35 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

4.1.3.2. Resultados de los análisis de suelo de los cultivos del sector Curgua

En el sector de Curgua se analizó tres tipos de muestras determinados en el tramo del río chimbo directamente siendo como punto intermedio al ex botadero de basura

como referencia principal del sector y los resultados se reflejan en las tablas 19 al 21 que están a continuación.

Tabla 19.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 5

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
5	INV - 1165	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,75
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	88,35
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	1,3
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,18
Carbono Total	%	-	Método de combustión	2,09
Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,49
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	11,40
Relación C/H	%	-	Método de combustión	4,26
Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	2,067
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,50
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	21,2
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,32

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °5 se asignó con un código INV-1165 para su identificación durante el desarrollo de los análisis del río Chimbo del sector de Curgua, en donde, la muestra fue asignada con el código INV-1165 como identificación para los análisis en el laboratorio.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,75 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 88,35 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 1,30% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,18%), Carbono total (2,09%), Hidrogeno total (0,490%), Azufre total (0%), Relación C/N (11,40%), Relación C/H (4,26%), Nitratos (21,2 mg/kg), Nitritos (0,320 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (2,067 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,50 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 20.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 6

Muestra N°	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
6	INV - 1166	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,32
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	91,30
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	1,41
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,21
Carbono Total	%	-	Método de combustión	2,33

Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,491
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	11,30
Relación C/H	%	-	Método de combustión	4,76
Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	1,892
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,01
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	16,6
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,120

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °6 se asignó con un código INV-1166 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,32 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 91,30 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 1,41% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,21%), Carbono total (2,33%), Hidrogeno total (0,491%), Azufre total (0%), Relación C/N (11,30%), Relación C/H (4,76%), Nitratos (16,6 mg/kg), Nitritos (0,120 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (1,892 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,01 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Tabla 21.

Resultados de los análisis físicos y químicos del suelo de cultivos de la muestra 7

Muestra No	**Código**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
7	INV - 1167	09 - 14/ 06/2026	Suelo	
Parámetros Físicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
pH		-	Potenciométrico	6,34
Conductividad	µs/cm	-	Conductivimétrico	59,50
Textura	%	-	Método de los Bouyoucos	Arenoso - franco
Materia Orgánica	%	-	Método de Walkley y Black	1,45
Parámetros Químicos				
Nitrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,18
Carbono Total	%	-	Método de combustión	2,29
Hidrógeno Total	%	-	Método de combustión	0,458
Azufre Total	%	-	Método de combustión	0,00
Relación C/N	%	-	Método de combustión	12,62
Relación C/H	%	-	Método de combustión	5,00
Cadmio	mg/kg	0,5	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	2,089
Plomo	mg/kg	25	PNE/DPEC/A/SM 3111 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,00
Arsénico	mg/kg	5	APHA 3114 B (espectroscopia de absorción atómica)	0,33
Nitratos	mg/kg	-	APHA 4500-NO3-B (espectroscopia UV-VIS)	25,1
Nitritos	mg/kg	-	APHA 4500-NO2-B (espectroscopia UV-VIS)	0,149

Nota: Laboratorios de la Universidad Estatal de Bolívar y Universidad Central del Ecuador.

En la muestra N °7 se asignó con un código INV-1167 para su identificación durante el desarrollo de los análisis.

En cuanto a los parámetros físicos se determinó elementos como el pH con un valor de 6,34 mediante el método potenciómetro, la conductividad eléctrica con un valor de 59,50 µs/cm mediante el método conductivimétrico, la textura con cualidad de Arenoso - franco determinado mediante el método de los Bouyoucos y el porcentaje de materia orgánica con un valor del 1,45% determinado mediante el método de Walkley y Black.

En los parámetros químicos se determinó el Nitrógeno total (0,18%), Carbono total (2,29%), Hidrogeno total (0,458%), Azufre total (0%), Relación C/N (12,62%), Relación C/H (5,00%), Nitratos (25,1 mg/kg), Nitritos (0,149 mg/kg) y la determinación de metales pesados, cuyos valores son de Cadmio (2,089 mg/kg), Plomo (0 mg/kg) y Arsénico (0,33 mg/kg) mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

4.1.4. Resultados de análisis en los productos agrícolas

En los productos agrícolas se analizó tres tipos de productos considerando la productividad de los sectores siendo así, que en el sector de Atandahua, se analizó el maíz, papa y habas, mientras que en el sector de Curgua únicamente se analizó el maíz debido a su producción mayoritaria de la zona los resultados se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 22.

Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos del maíz en el sector Atandahua

Muestra N°	**Sector**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
1	Atandahua	09 - 10/ 06/2026	Maíz	
Parámetros Químicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
Cadmio	mg/kg	-	Espectrofotometría de absorción atómica	0,046
Parámetros Microbiológicos				

Coliformes totales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	1,5x106
Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	< 3
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Central del Ecuador.

La muestra 1 de maíz perteneciente al sector de Atandahua se determinó la presencia de cadmio como parámetro químico con un valor de 0,046 mg/kg mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los indicadores microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes mediante el método de cuantificación del número más probable, donde cuyos valores son: Coliformes totales ($1,5x10^6$ NMP/100 ml) y Coliformes fecales (< 3 NMP/100 ml) y cuanto a la determinación de parásitos resultó con la ausencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* expresado en unidades de número de quistes/litro con el método de la microscopia óptica.

Tabla 23.

Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos del maíz en el sector Curgua

Muestra N°	**Sector**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
2	Curgua	09 - 10/ 06/2026	Maíz	
Parámetros Químicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
Cadmio	mg/kg	-	Espectrofotometría de absorción atómica	0,038
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	$4.5x10^5$
Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	23
Parásitos				

Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Central del Ecuador.

La muestra 2 de maíz perteneciente al sector de Curgua se determinó la presencia de cadmio como parámetro químico con un valor de 0,038 mg/kg mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los indicadores microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes mediante el método de cuantificación del número más probable, donde cuyos valores son: Coliformes totales ($4.5x10^5$ NMP/100 ml) y Coliformes fecales (23 NMP/100 ml) y cuanto a la determinación de parásitos resultó con la ausencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* expresado en unidades de número de quistes/litro con el método de la microscopia óptica.

Tabla 24.

Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos de la papa en el sector Atandahua

Muestra N°	**Sector**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
1	Atandahua	09 - 10/ 06/2026	Papa	
Parámetros Químicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
Cadmio	mg/kg	-	Espectrofotometría de absorción atómica	0,055
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	$1,5x10^2$
Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	< 3
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Central del Ecuador.

La muestra de papa que perteneciente al sector de Atandahua se determinó la presencia de cadmio como parámetro químico con un valor de 0,055 mg/kg mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los indicadores microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes mediante el método de cuantificación del número más probable, donde cuyos valores son: Coliformes totales ($1,5x10^2$ NMP/100 ml) y Coliformes fecales (< 3 NMP/100 ml) y cuanto a la determinación de parásitos resultó con la ausencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* expresado en unidades de número de quistes/litro con el método de la microscopia óptica.

Tabla 25.

Resultados de los parámetros químicos y microbiológicos del haba en el sector Atandahua

Muestra N°	**Sector**	**Fecha de Análisis**	**Fuente de Análisis**	
1	Atandahua	09 - 10/ 06/2026	Haba	
Parámetros Químicos				
Parámetro	**Unidades**	**Lim. Max permisible**	**Método**	**Resultado**
Cadmio	mg/kg	-	Espectrofotometría de absorción atómica	0,044
Parámetros Microbiológicos				
Coliformes totales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	$1,1x10^6$
Coliformes fecales	NMP/100 ml	-	Número más Probable	< 3
Parásitos				
Cryptosporidium	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia
Giardia	# de quistes /litro	-	Microscopía Óptica	Ausencia

Nota: Laboratorios de la Universidad Central del Ecuador.

La muestra de haba que perteneciente al sector de Atandahua se determinó la presencia de cadmio como parámetro químico con un valor de 0,044 mg/kg mediante el método de espectrofotometría de absorción atómica.

En los indicadores microbiológicos se determinó la presencia de Coliformes mediante el método de cuantificación del número más probable, donde cuyos valores son: Coliformes totales ($1{,}1x10^6$ NMP/100 ml) y Coliformes fecales (< 3 NMP/100 ml) y cuanto a la determinación de parásitos resultó con la ausencia de *Giardia* y *Cryptosporidium* expresado en unidades de número de quistes/litro con el método de la microscopia óptica.

Discusión

Los resultados de los análisis de agua como suelo se evidencian que existen parámetros que cumplen con la normativa TULSMA, así, mismo se evidencia que otros parámetros sobresalen del rango máximo permisibles permitidos en esta misma normativa como se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 26.

Comparación de resultados de agua y suelo según las normativas

Parámetro	Normativa TULSMA - Codex Ali.	Resultados		Criterio
		Atandahua	Curgua	
Agua de Irrigación				
pH	6,00 - 9,00	7,75	6,75	Cumple
Conductividad Eléctrica	3000 µs/cm severo	254	269,7	Cumple
Solidos Totales Disueltos	3000 g/l	212,18	128,7	Cumple
Cadmio	0,05 mg/l	< 0,020	< 0,020	Cumple
Coliformes totales	1000 UFC	MNPC	MNPC	No cumple
Coliformes fecales	< 1,1 UFC	MNPC	MNPC	No cumple
Cryptosporidium	Ausencia	Ausencia	Presencia	Cumple
Giardia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Cumple
Suelo				
Cadmio	0,5 mg/kg	1,89	2,016	No cumple
Plomo	25 mg/kg	0	0	Cumple
Arsénico	5 mg/kg	0,32	0,28	Cumple

Nota: Resultados obtenidos de los laboratorios de la UEB y UCE.

En los parámetros analizados en el agua se observa que en su mayoría cumple con los rangos máximos permisibles según las normativas TULSMA y el Codex

Alimentario con la excepción de Coliformes, mientras que en los análisis de suelo se ve que sobre sale el valor del cadmio.

La incidencia de la calidad del agua frente a los productos agrícolas se evidencia que en el criterio microbiológico se presenta un alto índice de Coliformes Totales y Coliformes Fecales, aunque la presencia de cadmio esta con un rango dentro que sugiere el Codex Alimentario, sin embargo, se considera una incidencia significativa como demuestra en la tabla 27.

Tabla 27.

Incidencia de los productos agrícolas

Parámetro	Normativa TULSMA - Codex Ali.	Resultados		Criterio
		Atandahua	Curgua	
Productos Agrícolas				
		Maíz		
Cadmio	0,1 mg/kg	0,046	0,038	Cumple
Coliformes totales	Ausencia	$1,5x10^6$	$4,5x10^5$	No cumple
Coliformes fecales	Ausencia	< 3	23	No cumple
Cryptosporidium	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
Giardia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Cumple
		Papa		
Cadmio	0,1 mg/kg	0,055		Cumple
Coliformes totales	Ausencia	$1,5x10^2$		No cumple
Coliformes fecales	Ausencia	< 3		No cumple
Cryptosporidium	Ausencia	Ausencia		Cumple
Giardia	Ausencia	Ausencia		Cumple
		Haba		
Cadmio	0,1 mg/kg	0,044		Cumple
Coliformes totales	Ausencia	$1,1x10^6$		No cumple
Coliformes fecales	Ausencia	< 3		No cumple
Cryptosporidium	Ausencia	Ausencia		Cumple
Giardia	Ausencia	Ausencia		Cumple

Nota: Resultados obtenidos de los laboratorios de la UEB y UCE.

Los resultados de maíz, papa y haba se aprecia una alta incidencia de Coliformes y una ausencia total de parasito de *Cryptosporidium* y *Giardia* y con una cantidad minúscula de cadmio.

4.1.5. Alternativas de mejoramiento de la calidad del agua

Dado que el diagnóstico general revela una alta contaminación microbiológica en el agua de riego (Coliformes fecales/totales) y riesgo de acumulación de metales pesados (como Cadmio) en el sistema de suelo y planta, se proponen las siguientes alternativas de tratamiento y gestión integral del recurso hídrico como tratamientos tecnológicos para agua de irrigación y acondicionamiento físico del agua debido a la alta presencia de Coliformes que sobrepasan los límites máximos permisibles en las muestras de agua:

- **Filtración lenta en arena:** Implementar un sistema de filtración biológica previa al almacenamiento o distribución. Este método retiene hasta un 99% de microorganismos y sólidos en suspensión sin requerir reactivos químicos de alto costo.

- **Cloración controlada:** Aplicación de hipoclorito de sodio (NaClO) mediante dosificadores automáticos, manteniendo una concentración de cloro libre entre 0.5 mg/l y 1.0 mg/l. Es una solución económica y eficaz para el control bacteriano a gran escala.

- **Estanques o lagunas de sedimentación**: Construcción de reservorios de pre sedimentación con un tiempo de retención hidráulica (TRH) adecuado para permitir la decantación por gravedad de partículas en suspensión y reducir la turbidez antes del tratamiento de desinfección.

Dado que las muestras de suelo indican acumulación de metales como Cadmio, el agua de riego debe gestionarse para evitar la movilización y absorción de estos contaminantes por parte de los cultivos (maíz, papa y haba):

- **Conversión del sistema de riego:** Realizar una sustitución de Riego por Aspersión o Inundación por Riego por Goteo con la reducción del contacto directo entre el agua contaminada con el follaje o tubérculos como en la papa y el haba y un control del volumen de agua aplicado para evitar la saturación del suelo, lo cual

previene la reducción química del medio y la solubilización de metales pesados como el Cadmio hacia la solución del suelo.

4.1.5. Incidencia de los productos agrícolas frente a la calidad del agua

Mediante los resultados, se determinó que la incidencia de los productos agrícolas se refleja únicamente en los análisis microbiológicos ya que en los parámetros físicos y químicos se encuentran dentro de los rangos de la normativa TULSMA.

4.1.6. Relación de Chi-cuadrado (x^2) y Pearson

La relación establecida entre Chi-cuadrado (x^2) y el coeficiente de Pearson radica que ambos forman parte del diseño estadístico correlacional y cuantitativo de la investigación para conectar la variable independiente como es la calidad del agua de los sistemas de irrigación de Atandahua y Curgua mientras que la variable dependiente es la incidencia en los productos agrícolas.

Mientras que el coeficiente de Pearson evalúa relaciones cuantitativas y de grado lineal entre los parámetros continuos (como niveles fisicoquímicos), la prueba de Chi-cuadrado evalúa la asociación y dependencia entre variables categóricas o frecuencias (como la presencia o ausencia de parásitos y microorganismos).

4.2. Comprobación de la hipótesis

En el estudio se válida la hipótesis alterna, dado que los indicadores de calidad del agua de riego en los sectores de Atandahua y Curgua muestran una incidencia significativa sobre los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los productos agrícolas.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- Se determinaron con precisión los puntos de monitoreo mediante el uso de herramientas de georreferenciación como Survey123 y la Camera GPS, el procesamiento en el software ArcGIS. Esto permitió establecer una cartografía detallada para los cuatro puntos del canal de irrigación del sector de Atandahua de 4.5 km y tres puntos de la fuente hídrica del río Chimbo en el sector Curgua de 1km, garantizando la representatividad espacial y la trazabilidad de las muestras analizadas.

- El agua de irrigación evaluada en ambos sectores cumple satisfactoriamente con los parámetros físicos y químicos como el pH, conductividad eléctrica, SDT, nitratos, nitritos, DQO, DBO y metales pesados como cadmio establecidos en los criterios de calidad del TULSMA. No obstante, presenta una severa contaminación microbiológica por *Coliformes Totales* y *Coliformes Fecales* con valores que sobrepasan la capacidad de conteo, MNPC, además de la presencia esporádica de parásitos como *Giardia* y *Cryptosporidium*, lo que incumple con los límites de inocuidad requeridos para aguas de uso agrícola.

- La calidad microbiológica del agua de irrigación incide de manera directa y negativa en la inocuidad de los productos agrícolas analizados en el maíz, papa y haba. Se registraron elevadas concentraciones de *Coliformes Totales* de hasta $1{,}5x10^6$ NMP/100 ml en maíz y $1.1x10^6$ NMP/100 ml en haba y la presencia de *Coliformes Fecales* en el sector Curgua de 23 NMP/100 ml. Aunque los parámetros fisicoquímicos del agua favorecen el desarrollo de la producción agrícola, en los suelos se identificó la bioacumulación de Cadmio (1.77 a 2.08 mg/kg), superando el límite máximo permisible de 0.5 mg/kg establecido en el Acuerdo Ministerial 97-A de la TULSMA-COA, lo que representa un factor de riesgo para la inocuidad alimentaria.

- Se formularon alternativas viables de mejoramiento que combinan sistemas de desinfección y filtración física como la filtración lenta en arena, sedimentación y cloración controlada y la reconversión de sistemas de riego tradicional a riego por goteo. Estas acciones reducen el contacto directo del agua contaminada con el follaje o partes comestibles de los cultivos, mitigando la carga bacteriana y previniendo la movilización de metales pesados.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda estandarizar el uso de aplicaciones de posicionamiento global en tiempo real como Survey123 o GPS Map Camera combinadas con plataformas SIG como ArcGIS o QGIS para institucionalizar planes de monitoreo ambiental continuo en las fuentes hídricas, facilitando la toma de decisiones en tiempo real sobre la gestión del agua de irrigación.

- Debido a la alta carga microbiológica identificada, es indispensable construir estanques o lagunas de sedimentación acoplados a filtros lentos de arena/grava y sistemas de cloración controlada 0.5 a 1.0 mg/l de hipoclorito de sodio en las cabeceras de distribución de los canales de irrigación antes de la aplicación del agua en los cultivos.

- Implementar una sustitución de manera progresiva los métodos de riego por inundación o aspersión por sistemas de riego por goteo. Esto evitará la acumulación de patógenos microbiológicos sobre la superficie de los productos de consumo como el maíz, haba y los tubérculos como la papa y optimizará el manejo de la humedad para evitar la solubilización e ingesta vegetal de cadmio en el suelo.

- Establecer alianzas institucionales entre la Universidad Estatal de Bolívar, gobiernos locales (GADs) y organismos de control sanitario (como Agrocalidad o MAATE) para ejecutar monitoreos periódicos de la calidad hídrica y de los suelos agrícolas. Asimismo, se recomienda capacitar a los agricultores de Atandahua y Curgua en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y lavado postcosecha para garantizar un producto inocuo para los consumidores.

BIBLIOGRAFÍA

Albán Angulo, D. (2023). Importancia de la georreferenciación y los sistemas de alerta temprano en plataformas de compras online y courier en el ecuador. *Universidad Estatal de Bolívar*, https://sl1nk.com/qy19ihd.

Alcocer Zuñiga, J., Córdoba Alarcón, E., & Hernández Zavala, A. (2024). Arsénico en agua y su impacto en la salud mexicana. *EPISTEMUS Núm. 37, Vol. 1*, https://doi.org/10.36790/epistemus.v18i37.374.

Alvear Granada, E., & Cumbicos Cañar, J. (2025). Estimación de la degradación del agua mediante la relación de absorción de sodio (RAS) en el sistema de riego Tumbaco. *Universidad Central del Ecuador*, https://l1nq.com/rjsrs1h.

Apella, M. C., & Araujo, P. Z. (2010). Microbiología de agua. Conceptos básicos. *Solar Safe Water*, https://l1nq.com/tufmf26.

Ballón Durand, K. A. (2021). Fitorremediación de aguas residuales domésticas con la especie Eichhornia crassipes en el distrito de Yarabamba, Arequipa - 2021. *Universidad Continental*, https://l1nq.com/bivst8p.

Balseca Alvarado, M. E., & Peñafiel Bermeo, D. C. (2024). Control de calidad del agua del rio salinas, parroqui Santa Fe, cantón Guaranda para el uso agrícola. *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/812fe319-f325-448a-aa35-6af96342294c/content.

Bernstein, J. C. (2023). Toma de muestras clínicas para el diagnóstico microbiológico . *1a ed ilustrada. - La Plata: Facultad de Ciencias Médicas*, https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/189719/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Cárdenas Rodríguez, J., Ayala Tafoya, F., Yáñez Juárez, M., López Orona, C., López Urquídez, G., & Cázarez Flores, L. (2024). Phytopythium helicoides asociado con aguas para irrigación agrícola en Culiacán, Sinaloa, México. *Acta Agrícola y Pecuaria 10: e0101011*, https://sl1nk.com/aj4f3mg.

Cepeda Hernández, I. K. (2023). Desarrollo del plan de muestro y toma de muestras de agua. *(Generación de contenidos impresos N.° 6). Bogotá: Ediciones Universidad Cooperativa de Colombia*, https://sl1nk.com/15gs602.

Chacha Andy, E. T. (2022). Las prácticas agrícolas y su influencia en la economía campesina de la parroquia Santa Fe, cantón Guaranda 2022. *Universidad Estatal de Bolívar*, https://l1nq.com/yokgduz

Chasi Amangandi, M. A. (2024). Evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua del sector norte del río Salinas del cantón Guaranda, provincia Bolivar - Ecuador. *Universidad Estatal de Milagro*, https://l1nq.com/6ni2s0d.

Chavarría Márquez, E., Basurto Contreras, C., Huamaní Astocaza, L., & Gutierrez Collao, J. (2023). Determinación clásica de coliformes fecales en agua entubada en el distrito de Ahuaycha, Perú. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, https://l1nq.com/vbcmoft.

Contreras Chura, H., Belizario Quispe, G., & Chui Betancur, H. N. (2023). Calidad del agua para consumo humano en los manantiales en la parcialidad de Jiscullaya, El Collao, Puno, Perú. *Revista Boliviana de Química*, https://doi.org/10.34098/2078-3949.40.2.1.

Cornejo Huerta, J., Marín Ramos, E., Pérez Díaz, L., El Kassis, E., Contreras Mioni, L., & Rodríguez Soria, V. (2023). Contaminación por Bacterias Patógenas en Tilapia (Oreochromis spp) en Mercados y Supermercados de la Ciudad de Puebla. *Revista Ciencia, Tecnología y Sociedad* , ISSN 2691-1728 .

Gastezzi Arias, P., Alvarado García, V., & Pérez Quezada, J. (2023). Las Turberas de Altura del Parque Nacional Tapantí en Costa Rica: Caracterización e Importancia del Suelo Turboso. *Tierra Latinoamericana Vol. 41*, https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1758.

Guillén Ferraro, M., Cordovez Martínez, M., González Romero, A., Medina Ramírez, G., Mur Caicedo, L., & Marcillo Valencia, K. (2024). Bacterias multirresistentes en aguas de riego del río Chibunga, Chimborazo, Ecuador. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, https://l1nq.com/3g2vw98.

Herrera Vergara, M. (2024). Presencia de mercurio en agua de consumo humano: una revisión del estado del arte . *Universidad de Antioquia*, https://bibliotecadigital.udea.edu.co/server/api/core/bitstreams/deb42d2d-ca12-4472-a625-a6528bc13702/content.

Hidalgo Pio, D., & Veintimilla Tipanguano, C. (2024). Caracterización de la calidad de agua del rio Isinche para el análisis de la descarga en la planta de tratamiento del campus Ceasa. *Universidad Técnica de Cotopaxi*, https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/252824d5-9943-46bb-8ff2-28e6800fad40/content.

Jiménez Ballesta, R., & Navarro Pedreño, J. (2025). *Introducción a la contaminación de suelos.* Casarrubuelos, Madrid: Ediciones Mundi-Persa, un sello del Grupo Paraninfo.

La Cruz, M. (10 de Febrero de 2022). *Advance*. Obtenido de Advance: https://somosadvance.com/expertise/medios-de-cultivos-usos-tipos-y-medios-mas-comunes/

León Gil, C. (2009). Estandarización y validación de una técnica para mención de la demanda bioquimíca de oxigeno por el método respirométrico y la demanda química de oxigeno por el método colorimétrico. *Universidad Tecnológica de Pereira*, https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/d470347c-e864-4382-b19e-1be09b6c6371/content.

Llauce Santamaria, R., Saldaña Miranda, M., & Olivera Aldana, M. (2024). Pruebas de hipótesis Chi-cuadrado. *Universidad Nacional de Jaén*, https://repositorio.unj.edu.pe/server/api/core/bitstreams/8b3b24d6-12e6-4ecd-b5ee-7c42ea9fd211/content.

Marín Galvín, R. (2008). Características físicas, químicas y biológicas de las aguas . *Empresa Municipal de Aguas de Córdoba S.A. (EMACSA)*.

Mestas Mora, T. (2021). Evaluación de parámetros físicos de agua del río Illpa - Hito Puente Illpa - Puno, 2021. *Universidad Privada San Carlos*, http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC/358.

Montaño Arias, N., Sandoval Pérez, A., Camargo Ricalde, S., & Sánchez Yáñez, J. (2010). Los microorganismos: pequeños gigantes. *Elementos: Ciencia y cultura*, http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=29411989003.

Oliva Gamarra, J. (2024). Gestión pública y la georreferenciación de los proyectos de inversión. *Revista de Climatolog´ıa Edici´on Especial Ciencias Sociales, Vol. 24*, DOI: 10.59427/rcli/2024/v24cs.1242-1249.

Ortiz Pinilla, J., & Ortiz Rico, A. (2021). ¿Pearson y Spearman, coeficientes intercambiables? *Universidad Santo Tomas*, https://l1nq.com/q21i5bx.

Ospina Santos, D. (2022). Identificación y prevalencia de parásitos de interés en salud pública, en aguas de riego y hortalizas de la Sabana Occidental de Cundinamarca. *Universidad Nacional de Colombia*, https://l1nq.com/a3zarw2.

Pacheco Ostaiza, M. (2024). Coliformes fecales y su incidencia en la salud de la población de Portoviejo. *Universidad Estatal del Sur de Manabí*, https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/6661/1/PACHECO%20OSTAIZA%20MILENY%20BRIGITTE.pdf.

Reynoso, M., Magnoli, C., Barros, G., & Demo, M. (2015). *Manual de microbiología general.* Argentina: UniRío editora.

Rincón Prieto, L. (2025). Diseño de un método de optimización del proceso de liberación microbiológica de materias primas Sílica y PCC, mediante Compact Dry y Kaizen como estrategia de mejora continua en una industria de consumo masivo. *Univerdidad Católica de Manizales*, https://repositorio.ucm.edu.co/server/api/core/bitstreams/74279d4c-27d7-4170-9135-405c75886e15/content.

Sánchez Aroca, S., & Guangasig Toapanta, V. (2023). Calidad Microbiológica del Agua de Consumo Humano: La realidad en el Ecuador. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.690.

Santos Piñeiro, I. S. (2024). Caracteristicas de las aguas naturales europeas . *Sociedad de Ciencias de Galicia*, https://l1nq.com/lb7zdbv.

Vega, M., Palacio, M., Fernández Paggi, M., Ruiz, M., & Etcheverría, A. (2023). *Desarrollo de nuevo medio de cultivo diferencial para la identificación de cepas de Bifidobacterias.* ISBN: 978-987-47615-4-5: Asociación Argentina de Tecnólogos Alimentarios.

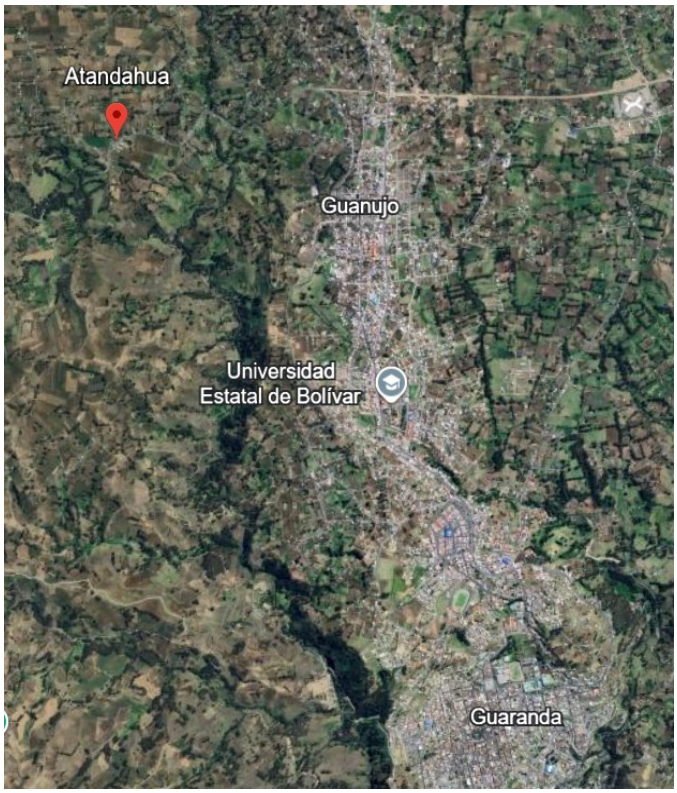
Vicente Sánchez, T., & Sandoval Barrios , D. (2021). Calidad de las aguas residuales en época de estiaje e influencia en la calidad del suelo agrícola, parcela 00512, anexo Lúcumo, Lunaguaná. *Universidad Nacional del Callao*.

Villalba Algarin, C., González, A., Szostak, J., & Sanabria Franco, M. (2024). Explorando el estado del arte de la labranza y su impacto en la calidad del suelo y la productividad agrícola: una revisión crítica de los últimos 20 años. *Investigacion Agraria*, https://sl1nk.com/jqw1pg1.

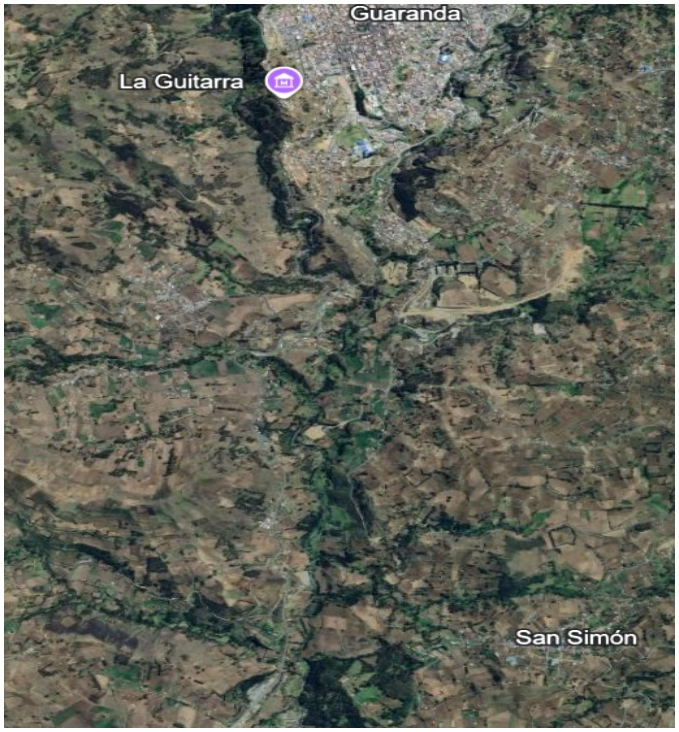
Zapata, R. (2018). Tipos de suelo: Caracterización de suelos arcillosos y limosos. *Universidad Nacional de Rosario*, https://sl1nk.com/z5dq3em.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de ubicación de la investigación



Mapa de ubicación del sector Atandahua



Mapa de ubicación del sector Curgua



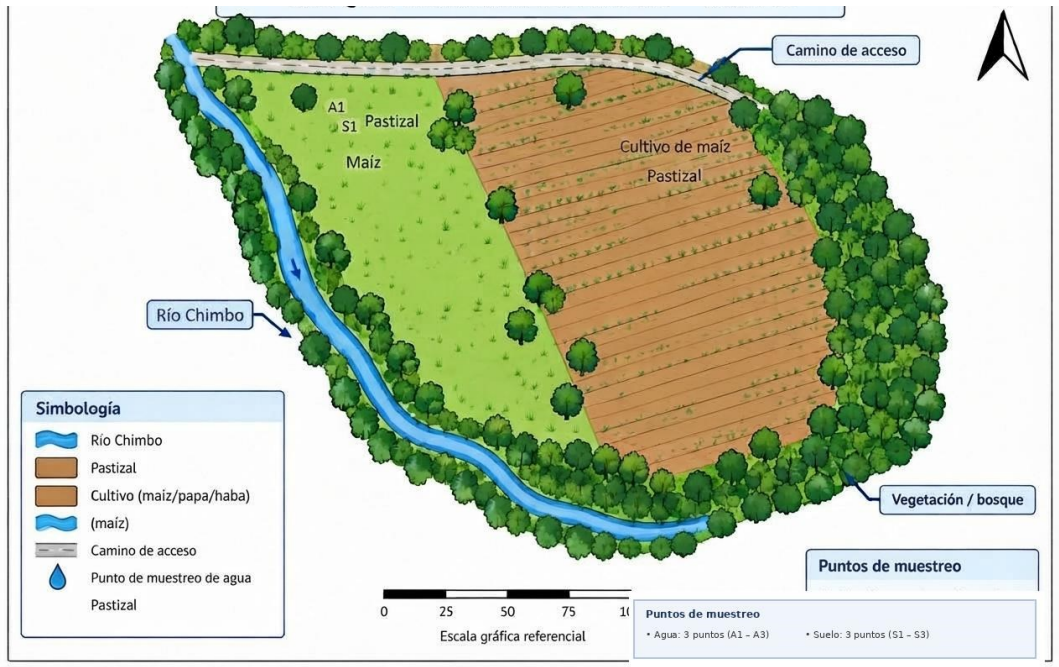
Mapa de ubicación del laboratorio del Centro de Investigación y Vinculación UEB

Anexo 2. Croquis del ensayo

Croquis de los mapas de los sectores de Atandahua y Curgua



Croquis del área de estudio del sector Atandahua



Croquis del área de estudio del río Chimbo en el sector Curgua

Anexo 3. Resultados de Análisis físicos, químicos y microbiológicos

UEB UNIVERSIDAD ESTATAL DE BOLIVAR — DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN	LABORATORIOS DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN Laguacoto II, Km 1 1/2, vía a San Simón, Cantón Guaranda, Provincia Bolívar, Ecuador.	Código	
		Versión	1
	INFORME DE RESULTADOS	Año	2026
		Pagina	Página 1 de 1

INFORME Nº 942-2026

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Solicitante	María Belén López Romo y Brihan Marcelo Lucio Vargas
Muestra	Agua de riego de Atandahua
Código asignado UEB	INV 1066
Estado de la muestra	Líquido
Envase de recepción	Envase de plástico de 1.5 l
Análisis requerido(s)	pH, conductividad, sólidos totales, turbidez, nitritos, nitratos, DQO, DBO, coliformes totales, coliformes fecales y parásitos.
Fecha de recepción	09/06/2026
Fecha de análisis	09-10 /06/2026 – 02 al 13/07/2026
Fecha de informe	15/06/2026
Técnico (s) asignado	MIPV- DCSQ

RESULTADOS

PARÁMETROS FÍSICOS				
Parámetro	**Unidad**	***Lím. Máx. permisible**	**Método de análisis**	**Resultado**
pH	-------	6-9	Potenciométrico	7,51
Conductividad	µs/cm	-------	Conductivimétrico	252
Sólidos totales disueltos	g/l	3000	Espectrofotométrico	120
Turbidez	NTU		Nefelométrico	445
PARÁMETROS QUÍMICO				
Nitritos	mg/l	----------	Espectrofotométrico	0,003
Nitratos	mg/l	----------	Espectrofotométrico	0,7
DQO	mg/l	----------	Espectrofotométrico	0,0
DBO	mg/l	----------	Espectrofotométrico	18
PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS				
Coliformes totales	UFC	1000	Filtración por membrana	MNPC
Coliformes fecales	UFC	<1,1	Filtración por membrana	MNPC
PARÁSITOS				
Cryptosporidium	# de ooquistes/ litro	Ausencia	Microscopio	Ausencia
Giardia	# de ooquistes/ litro	Ausencia	Microscopio	Presencia

Límites permisibles del libro VI TULSMA. Tabla 6 y 7.

Datos	Elaborado por:		Revisado por:
Firma			
Nombre y Apellido	Blg. Manuela Paredes Villena	Lic. Derly Silva Quiroz	Ing. Favian Bayas Morejón, PhD
Cargo	**TÉCNICO DOCENTE**	**TÉCNICA DE LABORATORIO**	**DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN**

Anexo 4. Fotografías

Georreferenciación de los sectores



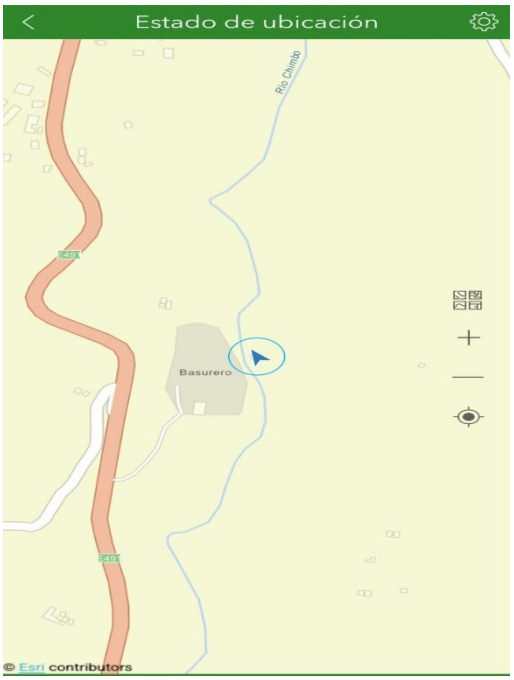
Inicio del canal de riego de Atandahua



Cuenca Hídrica del río Chimbo



Obtención de coordenadas con la aplicación Survey123



Mapeo del sector Curgua con Survey123

Muestreo/Toma de muestras de agua sector Atandahua



Punto 1 canal de riego de Atandahua



Punto 2 canal de riego de Atandahua



Punto 3 canal de riego de Atandahua



Punto 4 canal de riego de Atandahua

Muestreo/Toma de muestras de agua sector Curgua



Punto 1 de la fuente hídrica del Chimbo en el sector Curgua



Punto 2 de la fuente hídrica del Chimbo en el sector Curgua



Punto 3 de la fuente hídrica del Chimbo en el sector Curgua



Etiquetado de las muestras de agua

Muestreo/Toma de muestras de suelo sector Atandahua



Punto 1 de suelo de los cultivos de Atandahua



Punto 2 de suelo de los cultivos de Atandahua



Punto 3 de suelo de los cultivos de Atandahua



Punto 4 de suelo de los cultivos de Atandahua

Muestreo/Toma de muestras de suelo sector Curgua



Punto 1 de suelo de los cultivos del sector Curgua



Punto 2 de suelo de los cultivos del sector Curgua



Punto 3 de suelo de los cultivos del sector Curgua



Etiquetado y obtención de las muestras de suelo

Muestreo de los Productos Agrícolas



Muestreo de Maíz en el sector de Atandahua



Muestreo de Habas en el sector de Atandahua



Muestreo de Maíz en el sector de Curgua



Muestreo de Papas en el sector de Atandahua

Análisis del Agua



Llegada de las muestras al laboratorio de Investigación y Vinculación de la UEB



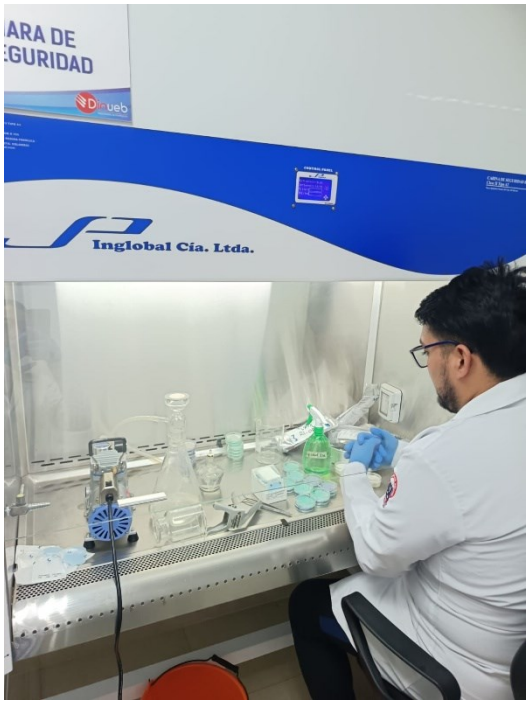
Rotulado de las muestras



Determinación de la turbidez del agua



Digestión de muestra para la determinación de DQO



Desarrollo de microbiología para determinar Coliformes



Método de filtración por membrana



Digestión de inoculo para la determinación de DBO



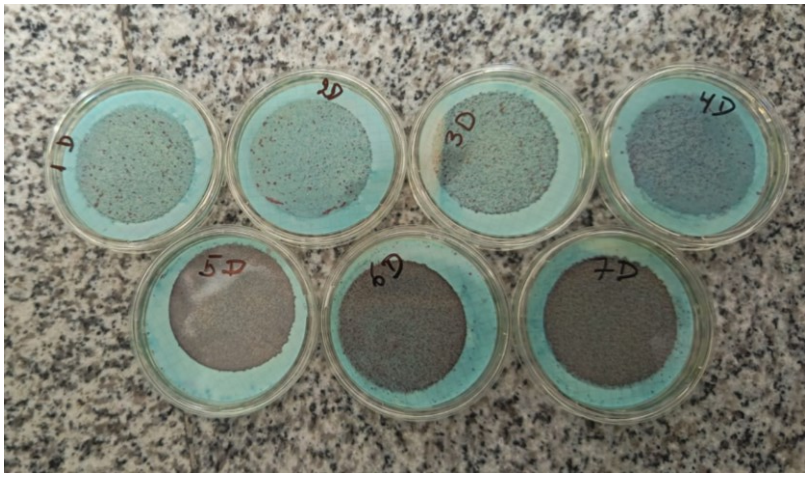
Determinación de nitratos y nitritos mediante Espectrofotometría



Determinación de Solidos Disueltos Totales mediante Espectrofotometría



Determinación de DQO mediante Espectrofotometría



Conteo de colonias de coliformes fecales y totales



Determinación de pH y Conductividad Eléctrica mediante el potenciómetro multiparámetro



Colocación de inoculo para la determinación del DBO

Análisis del Suelo de los Cultivos



Trituración de la muestra



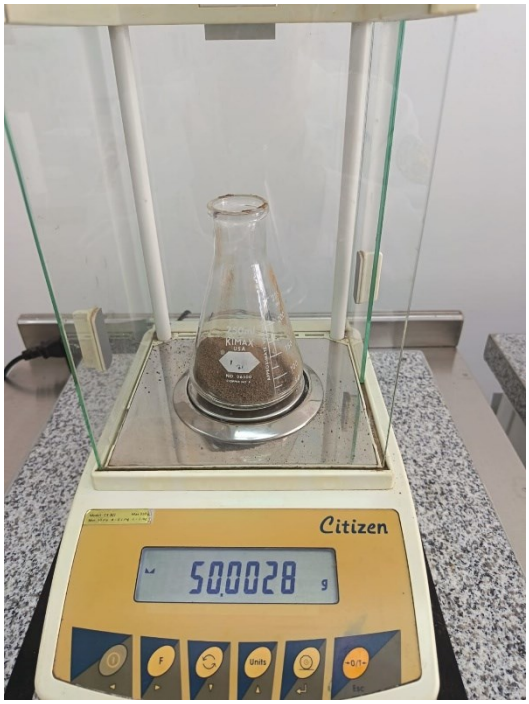
Tamizado de la muestra



Homogenización de la muestra



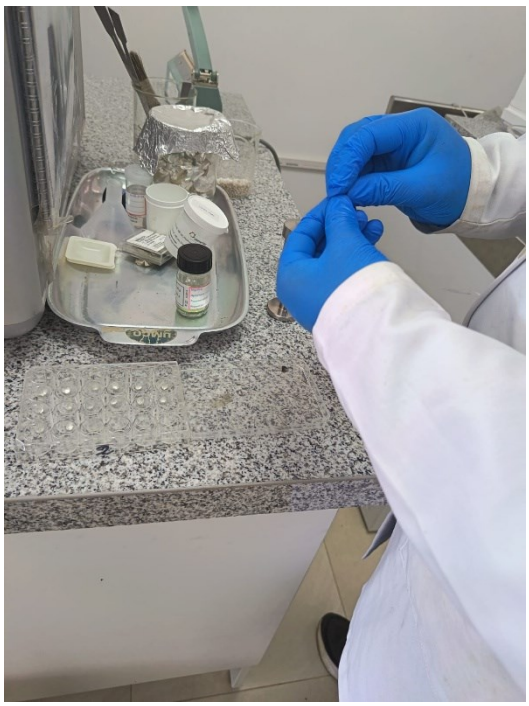
Pesado de la muestra en la balanza analítica



Muestra de 5g de suelo para la determinación de Materia Orgánica



Pesaje de la muestra para colocar en el analizador elemental



Elaboración de pastillas de la muestra



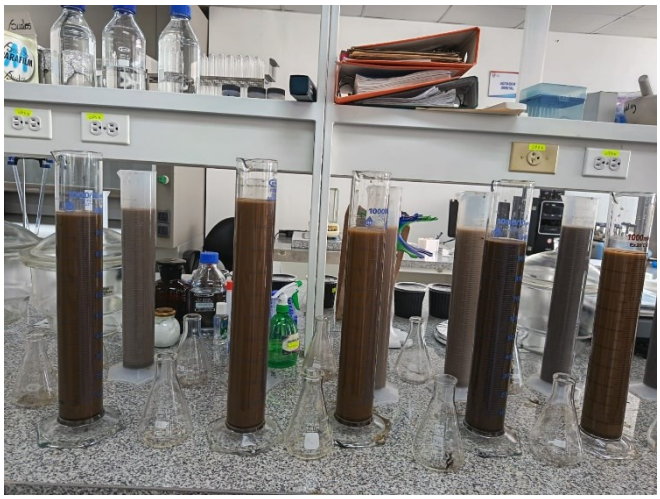
Analizador Elemental



Degradación de la muestra para determinar la materia orgánica



Preparación de la muestra para determinar la textura



Determinación de la densidad del suelo para su textura



Sal de Mohr para titular las muestras degradadas de suelo



Dicromato de potasio



Titulación de las muestras para determinar el porcentaje de materia orgánica



Colocación del Dicromato de potasio en las muestras



Incorporación de agua destilada para licuar la muestra



Limpieza de las partículas de la muestra



Licuado de la muestra para determinar su textura

Anexo 4. Glosario de términos técnicos

Agroalimentaria: Relacionado con la producción, industrialización y comercialización de productos agrícolas destinados a la alimentación.

Agua de riego: Agua destinada específicamente a la agricultura para compensar la falta de precipitaciones.

Aguas residuales: Aguas que han sido empleadas en actividades domésticas, industriales o agrícolas y que contienen contaminantes o desechos.

Alcalinidad: Medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos; se relaciona con el nivel de pH y la presencia de carbonatos.

Amibiasis: Infección intestinal provocada por el parásito *Entamoeba histolytica.*

Anaeróbicas: Organismos o procesos que ocurren en ausencia de oxígeno libre.

Antropogénicas / Antrópico: Se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los naturales.

Ascariasis: Infección causada por el nematodo *Ascaris lricoides* (una lombriz intestinal).

Autoorganizativo: Un sistema capaz de ordenarse, estructurarse o tomar decisiones de forma autónoma sin dirección externa.

Captación: Proceso de recoger o extraer agua de una fuente natural (ríos, manantiales, pozos) para su posterior uso.

Carbamatos: Grupo de compuestos químicos orgánicos derivados del ácido carbámico, utilizados ampliamente como insecticidas y plaguicidas.

Carcinogénicas: Sustancias o agentes físicos que tienen la capacidad de causar cáncer en los tejidos vivos.

Ciclaje: Se refiere a un conjunto de fases o fenómenos que se repiten periódicamente de forma ordenada, regresando a su estado inicial.

Ciclaje: Se refiere al proceso mediante el cual una serie de fases, eventos o elementos se repiten de forma periódica o circulan continuamente en un sistema.

Coliformes: Grupo de bacterias que suelen utilizarse como indicadores de contaminación fecal en el agua o alimentos.

Conducción: Sistema de transporte del agua desde el punto de captación hasta el lugar donde se va a utilizar o distribuir.

Electrodos: Conductores eléctricos utilizados para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito (como el agua) para medir propiedades químicas o físicas.

Escarpados: Terrenos que tienen una pendiente muy pronunciada o son de difícil acceso por su altura y verticalidad.

Escorrentías: Flujo de agua (por lluvia o deshielo) que corre sobre la superficie del terreno cuando este ya no puede absorber más líquido.

Fiebre tifoidea: Enfermedad infecciosa grave causada por la bacteria *Salmonella typhi,* transmitida generalmente por agua o alimentos contaminados.

Fitopatógenos: Organismos que causan enfermedades específicamente en las plantas.

Fluctuante: Algo que varía o cambia de valor, nivel o estado de manera constante.

Giardiasis: Enfermedad diarreica ocasionada por el parásito microscópico *Giardia duodenalis.*

In situ: Locución latina que significa "en el sitio" o "en el lugar". En el ámbito científico y de investigación, se refiere a procesos, mediciones, ensayos o experimentos que se realizan directamente en el lugar natural de origen o ubicación original, sin trasladar la muestra o fenómeno a un laboratorio.

Infecciones: Invasión y multiplicación de agentes patógenos en los tejidos de un organismo.

Infiltración: Proceso por el cual el agua en la superficie del suelo entra en el interior del mismo a través de los poros.

NTU: (Unidad Nefelométrica de Turbidez, o *Nephelometric Turbidity Unit*) es la unidad estándar que se utiliza para medir la turbidez o la falta de claridad de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión

Organoclorados: Compuestos químicos orgánicos de síntesis que contienen átomos de cloro en su estructura molecular.

Percola: Que un líquido se mueve o pasa a través de un material poroso.

Piretroides: Compuestos químicos sintéticos cuya estructura y efecto insecticida derivan de las piretrinas naturales (extraídas de las flores de crisantemo).

Ziploc®: Bolsa con cierre hermético de polietileno provistas de un sistema de cierre hermético tipo cremallera o presión.

µs/cm: (Microsiemens por centímetro) es la unidad estándar que mide la conductividad eléctrica del agua o de soluciones acuosas.