



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) PARA
LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO, A ESCALA REAL EN EL RESERVORIO DEL
PROYECTO DE RIEGO TILICHE SAN JOSÉ ALTO EN EL PERIODO 2021 – 2022”**

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

Autores:

Córdova Cunalata Carlos Daniel

Molina Jácome Cristian Vinicio

Tutora:

Ruiz Depablos Joseline Luisa Prof. M.Sc.

LATACUNGA - ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

CARLOS DANIEL CÓRDOVA CUNALATA, con Cédula de ciudadanía **175006200-0** y **CRISTIAN VINICIO MOLINA JÁCOME** con Cédula de ciudadanía **050379789-6** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO, A ESCALA REAL EN EL RESERVORIO DEL PROYECTO DE RIEGO TILICHE SAN JOSÉ ALTO EN EL PERIODO 2021 – 2022”**, siendo la Profesora M.Sc. **JOSELINE LUISA RUIZ DEPABLOS**, Tutora del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Carlos Daniel Córdova Cunalata

Estudiante

CC: 175006200-0

Cristian Vinicio Molina Jácome

Estudiante

CC: 050379789-6

M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Docente Tutora

CC: 175873906-2

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CÓRDOVA CUNALATA CARLOS DANIEL**, identificado con cédula de ciudadanía **1750062000** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto en el periodo 2021 – 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - Agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. - 07 de Enero del 2022

Tutor: MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Evaluación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto en el periodo 2021 – 2022”.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 22 días del mes de febrero del 2022.

Carlos Daniel Córdova Cunalata

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

EL CEDENTE

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **MOLINA JÁCOME CRISTIAN VINICIO**, identificado con cédula de ciudadanía **0503797896** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Evaluación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto en el periodo 2021 – 2022”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2017 - Agosto 2017

Finalización de la carrera: Octubre 2021 – Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo. - 07 de Enero del 2022

Tutor: MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Evaluación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto en el periodo 2021 – 2022”.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 21 días del mes de marzo del 2022.

Cristian Vinicio Molina Jácome

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

EL CEDENTE

LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutora del Proyecto de Investigación sobre el título:

“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO, A ESCALA REAL EN EL RESERVORIO DEL PROYECTO DE RIEGO TILICHE SAN JOSÉ ALTO EN EL PERIODO 2021 – 2022”, del Córdova Cunalata Carlos Daniel y Molina Jácome Cristian Vinicio, estudiantes de la carrera de Ingeniería Ambiental, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Prfo. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

DOCENTE TUTORA

CC: 175873906-2

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Córdova Cunalata Carlos Daniel y Molina Jácome Cristian Vinicio, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO, A ESCALA REAL EN EL RESERVORIO DEL PROYECTO DE RIEGO TILICHE SAN JOSÉ ALTO EN EL PERIODO 2021 – 2022”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 21 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)

Lcdo. Mg. Jaime René Lema Pillalaza

CC: 171375993-2

Lector 2

Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay Yupa

CC: 060414790-0

Lector 3

Ing. Mg. José Luis Agreda

CC: 040133210-1

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ponerme en el lugar en que me encuentro ahora, por darme el conocimiento necesario, por las oportunidades presentadas, por darme buenos padres y por poner en mi camino a buenas personas que me ayudaron a estar en el lugar que estoy ahora.

A mi familia, especialmente a mis padres, por luchar día a día para que sus hijos se desarrollen como profesionales, por el cariño y la paciencia cuando todo iba mal, por sus consejos de vida y por los ánimos que me dan para salir adelante.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formarme como profesional en sus aulas, con docentes muy bien capacitados que supieron difundir sus conocimientos.

Al GAD Provincial de Cotopaxi, por el apoyo económico y logístico prestado para la realización de este proyecto de tesis; convencido de que el conocimiento adquirido en las aulas debe ser utilizado por el bien de la sociedad.

Un agradecimiento especial a mi tutora de tesis M.Sc. Joseline Ruiz y a la M.Sc. Kalina Fonseca por servir como guías en el proceso de aprendizaje y formación académica, y por la orientación brindada para el desarrollo de este trabajo.

Carlos Daniel Córdova Cunalata

AGRADECIMIENTO

Con profunda gratitud quiero agradecer a todas las personas que se han involucrado en esta investigación brindándome apoyo tanto personal como profesional, merecen reconocimiento especial mi Madre y mi Padre que con su esfuerzo y dedicación me permitieron culminar mi carrera universitaria y además me levantaban en mis momentos de flaqueza. Agradezco infinitamente a mis hermanos y demás familiares que siempre me ayudaron en los momentos que los necesitaba, a mis amigos por brindarme su amistad, paciencia y permitirme vivir momentos que quedarán guardados en mi mente para la posteridad.

Un cordial agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad CAREN y en especial a la Carrera de Ingeniería Ambiental por abrirme las puertas y formarme como profesional y como persona, además agradezco de todo corazón el apoyo brindado por el GAD Cotopaxi, y en especial a la M.Sc. Joseline Ruiz y a la M.Sc Kalina Fonseca, docentes investigadoras de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Cristian Vinicio Molina Jácome

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis lo dedico a todas aquellas personas que confiaron en mí, a quienes me apoyaron en el transcurso de mi vida, a quienes me dieron ánimos para seguir adelante, a quienes con una sonrisa alegraron mis días universitarios, y en especial, a Dios por darme la oportunidad, las fuerzas y el conocimiento para seguir adelante y no rendirme en los momentos difíciles.

A mis padres, Norma Cunalata y Carlos Córdova, quienes con su esfuerzo y apoyo a lo largo de mi vida han ayudado a que yo logre alcanzar mis metas académicas y a desarrollarme como profesional. Me han servido como guía en los momentos de duda, como protección en los momentos de debilidad y como admiración por sacar adelante a mi familia entera con su trabajo y consejos. Han sabido guiarme por el camino del bien, por ello les agradezco de todo corazón.

A mis hermanos Jonathan, Cristina y Carolina; por servir como ejemplo para seguir siempre adelante y por ser comprensibles, cariñosos y confiables.

A mis amigos y amigas, por su lealtad, sinceridad y buena vibra; porque con sus locuras y ocurrencias lograron sacar una sonrisa en los momentos más difíciles. A “Los Katos” quienes me apoyaron desde el inicio de mi vida universitaria y siempre confiaron en que llegare lejos.

En fin, agradezco a todos aquellos que ayudaron a mi formación personal y académica, con su sabiduría y buenos consejos... muchas gracias de todo corazón.

Carlos Daniel Córdova Cunalata

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto que fue realizado con mucho esfuerzo y dedicación a Dios, quien me ha sabido guiar en los caminos de la vida, dándome sabiduría y la fuerza necesaria para salir adelante. A mis padres: Víctor Marcelo Molina Viteri e Hipatia Hermione Jácome Reinoso, por guiarme y enseñarme los valores que me caracterizan como persona, mismos que son el pilar fundamental en mi vida.

A mis hermanos Orlando y Mauricio quienes me apoyan siempre y me dan fuerza para lograr mis objetivos.

A mis sobrinas Dayana y María José, por ser mi inspiración y mi fortaleza, ya que con su espontaneidad alegran mis días.

A María Eugenia Pruna que con su carisma y empatía me ha sabido aconsejar y apoyar en el trayecto de la investigación.

A todas las personas que de una u otra manera estuvieron acompañándome y apoyándome para que el trabajo se realice de manera exitosa.

Cristian Vinicio Molina Jácome

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

TÍTULO: “Evaluación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto en el periodo 2021 – 2022”

Autores: Córdova Cunalata Carlos Daniel
Molina Jácome Cristian Vinicio

RESUMEN

La presencia de volcanes en la zona andina del Ecuador ha contaminado naturalmente con metales pesados los recursos hídricos, generando una baja calidad de los productos agrícolas y problemas a la salud. La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la capacidad del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto. El estudio se realizó en dos etapas: en la primera se adaptaron las especies en el suelo a 3089 msnm para el desarrollo de sus raíces; en la segunda se instaló once IFAs de 1 m² con 50 plantas de vetiver y 29 de achira en el tanque reservorio (162.53 m³) a una altitud de 3548 msnm. Posteriormente se tomaron 15 muestras de agua (4 para concentraciones iniciales y 11 para finales) cada 8 días durante 4 meses (132 días) registrando los valores de pH, conductividad, temperatura, fosfatos y concentración de arsénico y hierro; adicionalmente se tomó una muestra de sedimentos para determinar su concentración a lo largo del sistema de riego. Para conocer la influencia de los parámetros (pH, C.E, temperatura y fosfatos) en la concentración de los contaminantes, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson. La especiación de As se realizó mediante la comparación del pH del agua con rangos de especiación, mientras que para Fe se realizó según la época climática del estudio. Los resultados indicaron una remoción del 26.9% As y 35.44% Fe. Se estableció una correlación directa entre la concentración de As y Fe con los parámetros de temperatura y fosfatos, y una correlación inversa con la C.E. La especiación de As y Fe mostró una mayor cantidad de As (V) que de As (III), y más Fe (II) que Fe (III). Se concluyó que el Sistema IFA con las especies pasto vetiver (*Crhysopogon zizanioides*) – achira (*Canna Indica*), es una alternativa eco-tecnológica sostenible y de bajo costo para la remoción de arsénico y hierro de fuentes de agua contaminada, posibilitando su instalación en zonas con características semejantes.

Palabras Clave: Islas Flotantes, vetiver, achira, remoción, arsénico, hierro.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES
INGENIERÍA AMBIENTAL

TITLE: "Artificial Floating Island (AFI) System Evaluation for arsenic removal, at full scale in Reservoir of Tiliche San José Alto Irrigation Project at 2021 – 2022 period."

Autores: Córdova Cunalata Carlos Daniel
Molina Jácome Cristian Vinicio

ABSTRACT

The volcanoes presence in Ecuador Andean zone has naturally contaminated water resources with heavy metals, generating a low quality of agricultural products and health problems. The objective of this research was to evaluate Artificial Floating capacity of Island System (AFIS) for arsenic removal at full scale in reservoir of Tiliche San José Alto Irrigation Project. The study was carried out in two stages: at first stage, species were adapted in the soil at 3089 m.o.s.l for root development; at second stage, eleven IFAs of 1 m² with 50 vetiver and 29 achira plants were installed in the reservoir tank (162.53 m³) at an altitude of 3548 mosl. Subsequently, 15 water samples (4 for initial and 11 for final concentrations) were taken each 8 days for 4 months (132 days), recording values of pH, conductivity, temperature, phosphates, and arsenic and iron concentration; additionally, a sediment sample was taken to determine its concentration along the irrigation system. To determine the influence of the parameters (pH, E.C., temperature and phosphates) on contaminants concentration, Pearson's correlation coefficient was used. As speciation was performed by comparing the pH of water with speciation ranges, while for Fe it was performed according to climatic period of the study. The results indicated a removal of 26.9% As and 35.44% Fe. A direct correlation was established between As and Fe concentration with temperature and phosphate parameters, and an inverse correlation with E.C. Speciation of As and Fe showed a higher amount of As (V) than As (III), and more Fe (II) than Fe (III). It was concluded that the IFA System with vetiver Grass species (*Crhysopogon zizanioides*) - achira (*Canna Indica*), is a sustainable and low-cost eco-technological alternative for arsenic and iron removal from contaminated water sources, enabling its installation in areas with similar characteristics.

Keywords: Floating Islands, vetiver, achira, removal, arsenic, iron.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTOS.....	xi
DEDICATORIAS.....	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
6. OBJETIVOS.....	8
6.1. <i>Objetivo General</i>	8
6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	8
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	9
8. MARCO CONCEPTUAL	12
8.1. <i>Calidad de Agua</i>	12
8.2. <i>Parámetros Fisicoquímicos del Agua</i>	12
8.2.1. <i>Temperatura</i>	13
8.2.2. <i>Conductividad Eléctrica</i>	13
8.2.3. <i>pH</i>	13
8.2.4. <i>Turbidez</i>	13
8.2.5. <i>Oxígeno Disuelto</i>	14
8.2.6. <i>Demanda Química de Oxígeno</i>	14

8.2.7. Sólidos Disueltos Totales.....	14
8.3. <i>Ciclo Hidrológico del Agua</i>	15
8.3.1. Precipitación	15
8.3.2. Evapotranspiración.....	15
8.3.3. Infiltración	16
8.3.4. Escurrimiento.....	16
8.4. <i>Tipos de Fuentes de Agua Dulce</i>	16
8.4.1. Aguas Subterráneas	16
8.4.2. Aguas Superficiales	17
8.4.3. Aguas Atmosféricas.....	17
8.5. <i>Contaminación del Agua</i>	17
8.5.1. Contaminación Natural.....	17
8.5.2. Contaminación Antropogénica.....	18
8.6. <i>Contaminación por metales pesados</i>	18
8.7. <i>Presencia de Arsénico en el Agua</i>	18
8.7.1. El Arsénico	18
8.7.1.1. El arsénico en el agua.....	19
8.7.1.2. Contaminación natural por arsénico.....	20
8.7.1.3. Efectos del arsénico en la salud humana.	20
8.7.2. El Hierro.....	20
8.7.2.1. El hierro en el agua.	21
8.7.2.2. Efectos del hierro en la salud humana.	21
8.7.2.3. Oxidación del hierro.	21
8.8. <i>Fitorremediación</i>	21
8.8.1. Islas Flotantes Artificiales (IFA).....	22
8.8.2. Funcionamiento del Sistema IFA	22
8.8.3. Sistema IFA en el mundo.....	22
8.8.4. Sistema IFA en el Ecuador.....	23
8.9. <i>Pasto vetiver (Crhysopogon zizanioides)</i>	24
8.9.1. Morfología.....	24
8.9.2. Propagación	24
8.9.3. Usos y Beneficios.....	24
8.10. <i>Achira (Canna indica)</i>	25
8.10.1. Morfología	25

8.10.2.	Propagación.....	25
8.10.3.	Usos y Beneficios	25
8.11.	<i>Fundamento Legal</i>	26
8.11.1.	Acuerdo Ministerial 097 A.....	26
8.11.2.	Límites Máximos Permisibles para Sedimentos	26
8.11.2.1.	Arsénico: Norma oficial Mexicana 147-SEMARNAT/SSA1-2004.	26
8.11.2.2.	Hierro: American Petroleum Institute.	27
9.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	27
10.	METODOLOGÍA.....	27
10.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	27
10.1.1.	Investigación Bibliográfica	27
10.1.2.	Investigación Descriptiva.....	28
10.1.3.	Investigación de campo.....	28
10.1.4.	Investigación experimental.....	28
10.1.5.	Investigación Analítica	29
10.2.	<i>Métodos</i>	29
10.2.1.	Método Experimental	29
10.3.	<i>Técnicas</i>	29
10.3.1.	Observación Directa	29
10.3.2.	Monitoreo	30
10.4.	<i>Actividades</i>	30
10.4.1.	Área de Estudio	30
10.4.2.	Adaptación de las especies	31
10.4.2.1.	Adaptación en el suelo.	32
10.4.2.1.1.	Preparación del suelo.....	32
10.4.2.1.2.	Abonado del suelo.....	32
10.4.2.1.3.	Trasplantación.....	32
10.4.2.1.4.	Riego.....	32
10.4.2.1.5.	Tiempo de Adaptación.	32
10.4.2.2.	Adaptación en el agua.	32
10.4.2.2.1.	Tiempo de Adaptación.	33
10.4.3.	Construcción del Sistema de Islas Flotantes Artificiales	33
10.4.3.1.	Construcción de las Islas Flotantes Artificiales.....	33

10.4.3.2. Delimitación de las medidas del reservorio.	34
10.4.4. Evaluación del Sistema de Islas Flotantes	34
10.4.4.1. Muestreo.	34
10.4.4.1.1. Toma de la muestra de agua.....	34
10.4.4.1.2. Toma de la Muestra de lodos.	35
10.4.4.2. Determinación del porcentaje de remoción de As y Fe.	36
10.4.4.3. Límites Máximos Permisibles.	36
10.4.5. Influencia de los parámetros pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos para la remoción de arsénico y hierro	36
10.4.5.1. Análisis de los resultados mediante ponderación.	37
10.4.5.2. Regresión lineal de los parámetros vs la concentración de As y Fe.....	37
10.4.6. Identificación de la especie de arsénico (As) y hierro (Fe) que se remueve con el sistema IFA	37
10.4.6.1. Análisis de resultados mediante ponderación.	38
10.4.7. Disposición Final del Sistema de Islas Flotantes Artificiales IFA	38
10.4.7.1. Disposición Final de la matriz flotante.....	38
10.4.7.2. Disposición Final del Material Vegetativo.	38
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	39
11.1. RESULTADOS.....	39
11.1.1. Resultado del proceso de Adaptación de las especies	39
11.1.1.1. Pasto vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>).....	39
11.1.1.2. Achira (<i>Canna indica</i>).....	40
11.1.2. Construcción del Sistema de Islas Artificiales IFA.....	41
11.1.2.1. Resultado de la Construcción de las Islas Flotantes Artificiales.	41
11.1.2.2. Resultado de la identificación del tanque reservorio.	41
11.1.3. Evaluación	43
11.1.3.1. Resultados de los muestreos.	43
11.1.3.1.1. Análisis de los resultados de las muestras de agua tomadas en Los Ilinizas.	43
43	
11.1.3.1.2. Comportamiento de los sedimentos en el Sistema de Riego Tiliche - San José.	43
43	
11.1.3.1.3. Análisis de los resultados de las muestras de agua.	45
11.1.4. Influencia de los parámetros en la remoción de los contaminantes del agua ..	50

11.1.4.1. Influencia en la remoción del arsénico del agua.....	51
11.1.4.1.1. Influencia del pH.....	51
11.1.4.1.1.1. Ponderación de resultados de influencia de pH en la remoción de As.	52
11.1.4.1.2. Influencia de la Conductividad Eléctrica.	53
11.1.4.1.2.1. Ponderación de resultados de influencia de conductividad eléctrica en la remoción de As.....	54
11.1.4.1.3. Influencia de la Temperatura.	55
11.1.4.1.3.1. Ponderación de resultados de influencia de temperatura en la remoción de As.	56
11.1.4.1.4. Influencia de los Fosfatos.	58
11.1.4.1.4.1. Ponderación de resultados de influencia de fosfatos en la remoción de As.	59
11.1.4.2. Influencia en la remoción del hierro del agua.	60
11.1.4.2.1. Influencia del pH.....	60
11.1.4.2.1.1. Ponderación de resultados de influencia de pH en la remoción de Fe.	61
11.1.4.2.2. Influencia de la Conductividad Eléctrica.	63
11.1.4.2.2.1. Ponderación de resultados de influencia de conductividad eléctrica en la remoción de Fe.....	64
11.1.4.2.3. Influencia de la Temperatura.	65
11.1.4.2.3.1. Ponderación de resultados de influencia de temperatura en la remoción de Fe.....	66
11.1.4.2.4. Influencia de los Fosfatos.	68
11.1.4.2.4.1. Ponderación de resultados de influencia de fosfatos en la remoción de Fe.	69
11.1.5. Identificación cualitativa de la especie de arsénico y hierro en la remoción del sistema IFA	70
11.1.5.1. Especiación de arsénico.....	70
11.1.5.1.1. Quebrada de Tiliche.	70
11.1.5.1.2. Tiliche – San José.	71
11.1.5.2. Especiación de hierro.	72
11.1.5.2.1. Quebrada de Tiliche.	72
11.1.5.2.2. Tiliche – San José.	73

11.1.5.3. Ponderación de los resultados de especiación de As.	74
11.1.5.4. Ponderación de los resultados de especiación de Fe.....	75
11.1.6. Disposición Final del sistema	76
11.2. DISCUSIÓN	77
11.2.1. Remoción de Arsénico del agua por parte de las especies pasto vetiver y achira 77	
11.2.2. Retención de arsénico por parte de las especies pasto vetiver y achira	77
11.2.3. Sistema integral IFA como método alternativo de remediación de aguas contaminadas con arsénico a escala real.....	78
11.2.4. Influencia de los parámetros pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos en la remoción de arsénico y hierro	79
11.2.5. Identificación del tipo de arsénico y hierro removidos por el sistema IFA.....	80
11.2.6. Relación entre arsénico y hierro	81
12. IMPACTOS	83
12.1. Ambiental	83
12.2. Socioeconómico	83
13. PRESUPUESTO.....	84
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
14.1. CONCLUSIONES	86
14.2. RECOMENDACIONES.....	87
15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
16. ANEXOS.....	105
Anexo 1. Zona de Estudio.	105
Anexo 2. Adaptación del pasto vetiver y achira en el estudio.....	105
Anexo 3. Construcción de la matriz Flotante.	106
Anexo 4. Elaboración del sustrato (Fibra de Coco).	107
Anexo 5. Identificación del reservorio y toma de sedimentos.....	107
Anexo 6. Toma de muestra en los Ilinizas (naciente del agua).....	108
Anexo 7. Disposición Final del Material Vegetativo.	109
Anexo 8. Resultados de las concentraciones de As y Fe en el Agua. Laboratorio CICAM.	110
Anexo 9. Cronograma de Actividades, Muestreos y Tesis.....	149

<i>Anexo 10. Aval de traducción del resumen del proyecto de investigación.</i>	<i>150</i>
---	------------

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios Directos	4
Tabla 2. Beneficiarios Indirectos.....	5
Tabla 3. Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes.	9
Tabla 4. Límites máximos permisibles para agua de riego para uso agrícola.	26
Tabla 5. Límites máximos permisibles de arsénico en sedimentos.....	27
Tabla 6. Límites máximos permisibles de hierro en sedimentos.	27
Tabla 7. Materiales e Instrumentos.....	30
Tabla 8. Coordenadas del área de estudio.....	31
Tabla 9. Requerimientos para la toma de muestras de agua.....	35
Tabla 10. Especies de As según su pH.....	38
Tabla 11. Resultados de la adaptación en el suelo y en el agua de pasto vetiver.	39
Tabla 12. Resultados de la adaptación en el suelo y en el agua de achira.	40
Tabla 13. Resultados de las muestras tomadas en la naciente de los Ilinizas.	43
Tabla 14. Resultados de los muestreos de sedimentos en As y Fe.....	44
Tabla 15. Resultados de los muestreos de agua As.....	45
Tabla 16. Resultados de los muestreos de agua Fe.	48
Tabla 17. Influencia del pH en la disminución del arsénico.....	52
Tabla 18. Influencia de la Conductividad Eléctrica en la disminución del arsénico.	54
Tabla 19. Influencia de la Temperatura en la disminución del arsénico.....	57
Tabla 20. Influencia de los Fosfatos en la disminución del arsénico.	59
Tabla 21. Influencia del pH en la disminución del hierro.	62
Tabla 22. Influencia de la Conductividad Eléctrica en la disminución del hierro.	64
Tabla 23. Influencia de la Temperatura en la disminución del hierro.	67
Tabla 24. Influencia de los fosfatos en la disminución del hierro.....	69

Tabla 25. Especiación de As en el Tanque Reservoirio Quebrada de Tiliche.....	71
Tabla 26. Especiación de As en el Tanque Reservoirio Tiliche-San José	72
Tabla 27. Especiación de Fe en el Tanque Reservoirio Quebrada de Tiliche.	73
Tabla 28. Especiación de Fe en el Tanque Reservoirio Tiliche-San José.....	74
Tabla 29. Relación entre disminución de As y su especie predominante.	75
Tabla 30. Relación entre disminución de Fe y su especie predominante.....	76
Tabla 31. Presupuesto del proyecto de investigación	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema propuesto para la construcción de la IFA.....	41
Figura 2. Esquema del tanque reservoirio con sistema IFA implementado.	42
Figura 3. Comportamiento de los sedimentos en el sistema de riego Tiliche San José.	44
Figura 4. a) Porcentaje de remoción de arsénico del agua, b) Disminución de la concentración de arsénico en el agua.....	46
Figura 5. a) Porcentaje de remoción de hierro del agua, b) Disminución de la concentración de hierro en el agua.	49
Figura 6. Relación entre pH y concentración de As.....	51
Figura 7. Regresión lineal de pH y la remoción de As.....	53
Figura 8. Relación entre Conductividad Eléctrica y concentración de As.....	53
Figura 9. Regresión lineal de C.E y la remoción de As.	55
Figura 10. Relación entre temperatura y concentración de As.	56
Figura 11. Regresión lineal de temperatura y la remoción de As.	58
Figura 12. Relación entre Fosfatos y concentración de As.....	58
Figura 13. Regresión lineal de fosfatos y la remoción de As.	60
Figura 14. Relación entre pH y concentración de Fe.	61
Figura 15. Regresión lineal de pH y la remoción de Fe.	63
Figura 16. Relación entre Conductividad Eléctrica y concentración de Fe.	63

Figura 17. Regresión lineal de C.E y la remoción de Fe.	65
Figura 18. Relación entre Temperatura y concentración de Fe.....	66
Figura 19. Regresión lineal de temperatura y la remoción de As.	68
Figura 20. Relación entre Fosfatos y concentración de Fe.....	68
Figura 21. Regresión lineal de fosfatos y la remoción de Fe.....	70
Figura 22. Diagrama de relación de As y Fe en el agua.....	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de Ubicación.....	105
Ilustración 2. Limpieza y abonado del suelo.....	105
Ilustración 3. Adaptación del vetiver en el suelo.....	105
Ilustración 4. Adaptación del vetiver en el agua.....	106
Ilustración 5. Adaptación de achira en el suelo.....	106
Ilustración 6. Adaptación de achira en el agua.....	106
Ilustración 7. Transporte de las especies.....	106
Ilustración 8. Matrices Flotantes.....	106
Ilustración 9. Aplicación del sustrato y las especies vegetativas.....	106
Ilustración 10. Deshilado de la fibra de coco.....	107
Ilustración 11. Lavado en sal (NaCl).....	107
Ilustración 12. Lavado de la fibra de coco.....	107
Ilustración 13. Secado de la fibra de coco.....	107
Ilustración 14. Toma de medidas del reservorio.....	107
Ilustración 15. Toma de la muestra de agua.....	107
Ilustración 16. Estabilización de la muestra.....	108
Ilustración 17. Toma de muestra de sedimentos.....	108
Ilustración 18. Identificación de la zona de muestreo.....	108
Ilustración 19. Toma de la muestra de agua.....	108

Ilustración 20. Toma de muestra de sedimentos.....	108
Ilustración 21. Grupo de Investigación.....	108
Ilustración 22. Embalado de las especies saturadas con los contaminantes.....	109
Ilustración 23. Embalado para su entrega al gestor ambiental.....	109

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

Evaluación del Sistema Islas Flotantes Artificiales (IFA) para la remoción de arsénico, a escala real en el reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto en el periodo 2021 – 2022.

Lugar de ejecución

Reservorio de agua del Proyecto de Riego “Tiliche San José Alto” – quebrada de Tiliche, comuna Planchaloma, parroquia Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona 3.

Institución, Unidad Académica y carrera que auspicia

Auspiciado por el GAD Provincial de Cotopaxi y la Universidad Técnica de Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ingeniería en Medio Ambiente.

Nombres del equipo de investigadores

Tutora: Ing. Joseline Luisa Ruiz Depablos MSc.

Estudiantes: Carlos Daniel Córdova Cunalata y Cristian Vinicio Molina Jácome

LECTOR 1: Lic. Jaime René Lema Pillalaza Mg.

LECTOR 2: PhD. Mercy Lucila Ilbay Yupa

LECTOR 3: Ing. José Luis Agreda Oña Mg.

Área de conocimiento

Ambiente, Manejo de Recursos Hídricos

Líneas de investigación

Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local

Sublínea de Investigación

Manejo y conservación del recurso hídrico

Línea de vinculación

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

2. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las actividades productivas, la industria y el crecimiento poblacional, generan demanda de alimentos que aumentan el crecimiento de la frontera agrícola, causando contaminación del recurso hídrico, no solo por la actividad humana, sino por el aprovechamiento de fuentes contaminadas. “El crecimiento demográfico ha generado una mayor necesidad de agua, contaminando a su paso las fuentes hídricas” (Rodríguez, 2010). A pesar de ello, Altamirano & Delgado, (2020) mencionan que el agua no solo se contamina de manera antropogénica, sino que también puede presentarse por causas naturales, debido a la topografía y geología de cada país. “Esta contaminación del agua genera problemas de salud a las sociedades humanas, genera cultivos de menor calidad, afecta tanto a flora como a fauna y ocasiona daños en el ambiente en general” (Gómez-Duarte, 2018).

Según Aguirre et al., (2018) menciona que la importancia de este recurso para el desarrollo de la población humana ha generado un interés por su descontaminación, por lo que se han implementado algunas tecnologías para el tratamiento del agua. Según Carreño Sayago, (2021) afirma que la tecnología para la depuración de aguas más sostenible y popular de los últimos años es la fitorremediación, debido a su bajo costo y a la facilidad de mantenimiento. “La fitorremediación es una tecnología basada en la descontaminación utilizando las propiedades absorbentes y adsorbentes propias de las plantas” (Munive et al., 2018).

Según Rowan et al., (2020) y Rodríguez Loaiza, (2018) mencionan que la fitorremediación de aguas contaminadas se ha popularizado el sistema de islas flotantes artificiales (IFA) o humedales artificiales, ya que las IFAs son un sistema en donde se ubica especies vegetales sobre un soporte flotante para remover los contaminantes presentes en el agua. Además, esto se corrobora con lo que menciona Fonseca et al., (2020) donde afirma que el sistema de islas flotantes artificiales es de fácil construcción y mantenimiento, además sus costos son mínimos en comparación a las plantas de tratamiento de agua convencionales, permitiendo a la comunidad generar continuidad en el proceso de fitoextracción que generan las especies vegetativas.

Según Terneus Jácome & Yanez Moretta, (2018) menciona que, si bien Ecuador es un país megadiverso y rico en recursos naturales, no queda exento de presentar problemas derivados de la contaminación de sus acuíferos. “Esta problemática ocasiona hambre, disminución de flora y fauna autóctonos, y enfermedades” (Antúnez Sánchez & Guanoquiza Tello, 2018). Además, según Tomalá, (2020) afirma que en Ecuador se ha implementado alternativas de

fitorremediación, pero se focaliza especialmente en remediar eventos derivados del sector hidrocarburífero, es decir que no se ha tomado en cuenta las otras fuentes de contaminación del agua que aquejan a la población.

El proyecto de Riego Tiliche San José, ubicado en la provincia de Cotopaxi, es un claro ejemplo de contaminación hídrica en Ecuador. Este reservorio aprovecha el agua proveniente de las nacientes del complejo volcánico Los Ilinizas, lugar que, por su geología, contamina el agua de manera natural con arsénico y hierro; sobrepasando los Límites Máximos Permisibles establecidos en la normativa nacional.

El presente proyecto de investigación está enfocado en evaluar el sistema de islas flotantes (IFA) a escala real en el reservorio del proyecto de riego Tiliche San José, con la finalidad de disminuir la concentración de arsénico y hierro en su tanque reservorio mediante la incorporación de las especies pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*), siendo una alternativa económicamente sostenible.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es uno de los elementos más importantes para el desarrollo de la vida en el planeta. La abundancia y calidad de este recurso está relacionado con la cantidad de biodiversidad presente en una zona. Sin embargo, por las características físico-químicas de este recurso, puede llegar a contaminarse fácilmente; y muchas veces el proceso de depuración natural del agua no es suficiente para asegurar su buena calidad. La provincia de Cotopaxi tiene, entre sus principales actividades, la producción agropecuaria. Pero muchas veces el agua usada para regar los cultivos es de mala calidad, lo que le da un menor costo y la hace más accesible a productores pequeños.

El agua más comúnmente usada para el riego en la provincia de Cotopaxi es la que proviene del río Cutuchi, que se encuentra contaminado por actividades antrópicas. Sin embargo, la contaminación natural también afecta la calidad del agua de uso agrícola de algunas zonas de la provincia. Tal es el caso de las aguas provenientes del complejo volcánico los Ilinizas, donde se ha notado la presencia elevada de arsénico. Según Fonseca (2020), la contaminación por arsénico se detectó en el año 2020 mediante análisis de agua realizados en las vertientes del complejo volcánico Los Ilinizas, donde se obtuvo valores superiores a los 20000 $\mu\text{g}/\text{L}$. Tomando como referencia lo establecido por la Organización Mundial de la Salud, el valor estándar es de 10 $\mu\text{g}/\text{L}$. De esta manera se puede observar de manera a priori la magnitud de la

afectación a las comunidades que satisfacen sus necesidades de riego y consumo con esta fuente hídrica.

La contaminación del agua con arsénico ha provocado algunos inconvenientes para los pobladores de la comunidad. En primer lugar, los sedimentos arrastrados por el agua ocasionan taponamiento en los sistemas de dispersión. El hierro presente en el agua también se convierte en un problema al oxidar las herramientas, cañerías y estructuras por donde pasa el agua. Por otra parte, el pH ácido del agua ocasiona que los cultivos regados se quemem y la producción se pierda. Además, la producción que no se quema presenta un color amarillento en sus hojas debido a la absorción de los contaminantes.

La presente investigación busca evaluar el sistema de islas flotantes artificiales (IFA) para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico en el proyecto de riego “Tiliche - San José Alto” basándose en la fitorremediación con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*). Se eligió este sistema debido a que es más económico, accesible, genera un menor impacto y es más sostenible que los sistemas de tratamiento de aguas convencionales.

Con la implementación de las IFAs se logrará obtener un agua de mejor calidad, disminuyendo la concentración de arsénico en el agua y beneficiando así a los agricultores de Tiliche San José Alto potenciando la producción y evitando que se presenten enfermedades por el contacto con este contaminante, y disminuir los efectos adversos del As y Fe en el sistema de regadío. Además, los resultados que se obtengan del estudio podrán dar pie a la reproducción del sistema IFA en diferentes lugares de la provincia o del Ecuador.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Los beneficiarios directos (Tabla 1) del proyecto de investigación son todo el proyecto de riego “Tiliche San José”, ya que son usuarios directos del agua proveniente del complejo volcánico los Ilinizas.

Tabla 1. Beneficiarios Directos

DIRECTOS				
	Número de Usuarios		Tipo de riego	Porcentaje de Abastecimiento
Junta de agua de riego de la comunidad de Tiliche – San José	52	-	Gravedad	100% al Barrio San José
		-	Aspersión	

Junta de riego de la parroquia de Toacaso	159	-	Gravedad	N/A
		-	Aspersión	
Total	211			

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la parroquia Tanicuchí (PDOT Tanicuchí, 2019-2023), (MAGAP, 2020)

De la misma manera, se enlistaron los beneficiarios indirectos del proyecto de investigación. El beneficio entregado a estas entidades es principalmente el conocimiento generado durante el estudio. Los beneficiarios indirectos se pueden verificar en la Tabla 2.

Tabla 2. Beneficiarios Indirectos

INDIRECTOS				Usuarios
-	Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cotopaxi.			439
-	Universidad Técnica de Cotopaxi / Carrera de Ingeniería Ambiental.			12112
-	Ministerio de Ambiente, Agua y Transición Ecológica (MAAET)			2078
	Total			14629

Fuente: Directorio del GADP Cotopaxi (2019), Universidad Técnica de Cotopaxi (s.f.), MAAET (2016).

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El Arsénico (As) es un contaminante ambiental de origen natural que causa problemas a la salud a millones de personas en el mundo, debido a que se origina en las formaciones volcánicas, contaminando aguas subterráneas que son utilizadas para consumo humano y para la agricultura. “Alrededor de 70 países y 137 millones de personas se ven directamente afectados por el consumo de aguas subterráneas contaminadas” (Leonardi, et al, 2020). Además, ha sido catalogado como un agente cancerígeno mundial por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC).

El Arsénico es un elemento altamente tóxico y además es abundante en los ecosistemas como resultado de encontrarse de forma natural en rocas, suelos, acuíferos y en el aire. “La presencia de arsénico en el ambiente es un problema de salud pública debido a que se trata de un evento de alta frecuencia que ha sido detectado en países como Argentina, Brasil, Chile, China, India,

México y Taiwán” (Galetovic Carabantes, et al, 2003). A causa de su abundancia, este contaminante ingresa en la ingesta diaria de la población generando condiciones adversas en su integridad fisiológica. “Gracias a los estudios realizados en 1888 por el investigador Hutchinson se tienen los primeros antecedentes históricos que relacionaron la presencia de arsénico en el agua y lesiones en la piel como hiperpigmentación, hiperqueratosis y cáncer cutáneo” (Stöhrer, 1991).

En América del Sur, como en el resto del mundo, se ha evidenciado la presencia de arsénico en el agua de consumo humano como en el agua para uso agrícola mediante estudios a las cuencas hidrográficas de cada país. Según Aveiga Ortiz et al., (2020) menciona que en México, Argentina, Chile, Perú y Nicaragua; la presencia de arsénico (As) en el ambiente y en las fuentes de agua para consumo humano se debe a factores geológicos. En Ecuador se han hallado procesos de bio-acumulación tanto en vegetales como en la biota marina, siendo de relevancia este contaminante.

En Ecuador existe dos tipos de contaminación del agua, la primera es de origen antropogénico y la segunda de origen natural debido a la cadena montañosa que cruza al país de norte a sur, en el que se desarrolla un denso campo volcánico. “La contaminación natural del agua de Ecuador se presenta de manera natural por la presencia de erupciones volcánicas o mineralización del material parental” (Mite, et al, 2010). Según Yang et al., (2014) menciona que la contaminación por metales pesados en la sierra es inminente debido a la altitud y la geomorfología. “La cuenca del río Cutuchi se encuentra alterada por sales y boro, presentando una alta alcalinidad y dureza” (Ortiz & Mena, 2005). En un estudio realizado por Romero, (2017) se identificó la presencia de Cd en el agua de riego, debido a la presencia del volcán Tungurahua. “En la parroquia de Papallacta se detectaron niveles altos de arsénico en agua de consumo, como consecuencia de procesos geotermales naturales en la caldera de Chacana” (Jiménez, 2018).

El Ecuador debido a su condición geográfica y topográfica es un país rico en recursos hídricos, sin embargo, por dichas condiciones se han generado problemas de origen natural como es la contaminación por arsénico y por las actividades antrópicas que degradan la calidad del agua que es utilizada por la población. Según Vaca Mora, (2016) menciona que los problemas de contaminación se evidenciaron en el 2006, cuando los pobladores de Tumbaco y Guayllabamba se percataron que estaban consumiendo agua de pozos o vertientes contaminadas con arsénico los cuales arrojaron resultados entre 9 y 126 $\mu\text{g/L}$, siendo valores perjudiciales que sobrepasan los Límites Máximos Permisibles de la normativa ecuatoriana. Esta afectación que se generó

en el sector fue porque las plantas de tratamiento de aguas subterráneas no dieron abasto para depurar este contaminante y satisfacer la demanda hídrica de los moradores.

Debido a las características climáticas, y por ser megadiverso, el Ecuador es un gran productor agropecuario a nivel poblacional, por ello existe una gran demanda de agua para su desarrollo. Tal es el caso de la presencia de arsénico en el agua proveniente del Complejo Volcánico Los Ilinizas, donde los pobladores se han visto afectados en la salud y en la calidad de sus productos como resultado de la bio-acumulación del arsénico. “Las parroquias de Tanicuchí, Toacaso y Guaytacama son las más afectadas ya que, en total son 20 mil habitantes que consumen el agua proveniente de 15 fuentes que llegan desde los Ilinizas y una de estas tiene 20 veces más arsénico de lo permitido por las normas internacionales” (Estrada, 2018). Siendo así la preocupación de los pobladores que utilizan esa fuente de agua para satisfacer sus necesidades y desarrollar sus actividades productivas.

En el año 2017, la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) realizó estudios en el agua proveniente de los Ilinizas, que es usada para riego y consumo humano en la parroquia de Toacaso, de la provincia de Cotopaxi. Según un estudio realizado por Tovar, et al, (2020) Los resultados arrojaron un valor promedio de arsénico de 234.74 $\mu\text{g/L}$; lo que se encuentra muy por encima de los límites máximos permisibles, generando preocupación en la colectividad por el decaimiento de la salud en la población. “Entre los problemas que presentan los habitantes podemos encontrar: enfermedades respiratorias, desnutrición y problemas gástricos” (Almache & Lema, 2019).

El sistema de riego de una comunidad se puede ver afectado por la alta contaminación de las fuentes hídricas. Según Li et al., (2019) menciona que el agua con gran cantidad de sedimentos obstruye de manera física las tuberías y los sistemas de riego por goteo. De la misma manera, el alto contenido de hierro en el agua provoca problemas para los pobladores. Los autores Ortigoza & Cubas, (2018) afirman que el hierro en el agua es un problema para la población debido al taponamiento de bombas y tuberías que ocasionan, además tiñen los instrumentos, materiales, ropa y causan graves daños a las instalaciones.

El pH es otro factor del agua contaminada que limita la producción agrícola. Según Arshad & Shakoor, (2017) menciona que el pH del agua y suelo no afecta al crecimiento y desarrollo de las especies vegetales. Sin embargo, la investigación realizada por Cremona & Enriquez, (2020) nos dicen que el pH del agua y suelo afecta en la disponibilidad de nutrientes necesarios para las plantas. Por lo que, un pH ácido condiciona a que exista una mayor absorción de As,

provocando daños a las plantas. Esta absorción, como indica Huang et al., (2018), provoca una destrucción de la clorofila de la planta, tornando a las hojas de color amarillento y dificultando el correcto desarrollo de sus actividades metabólicas. El presente proyecto de investigación está enfocado en evaluar el sistema IFA como alternativa económicamente sostenible para la disminución del arsénico y hierro en el agua de regadío del Proyecto de Riego Tiliche-San José, produciendo cultivos de mayor calidad y precautelando la calidad de vida de la población.

6. OBJETIVOS

6.1.Objetivo General

- Evaluar el Sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFA) a escala real para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico y hierro en el tanque reservorio del Proyecto de Riego Tiliche San José Alto.

6.2.Objetivos Específicos

- Establecer el porcentaje de remoción de arsénico y hierro por efecto del sistema IFA a escala real con la combinación de especies pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*).
- Determinar la influencia de los parámetros pH, temperatura, conductividad eléctrica y fosfatos en la disminución de arsénico y hierro en el tanque del proyecto de riego Tiliche San José Alto.
- Identificar cualitativamente el tipo de arsénico y hierro que se remueve del agua mediante la aplicación del sistema IFA.

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

Tabla 3. Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes.

OBJETIVO 1	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
1.- Establecer el porcentaje de remoción de arsénico y hierro por efecto del sistema IFA a escala real con la combinación de especies pasto vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>) y achira (<i>Canna indica</i>).	1.1.- Determinar el área de estudio. 1.2.- Adaptación de las especies vegetativas en el suelo. 1.3.- Adaptación de las especies vegetativas en el agua. 1.4.- Construcción de la isla flotante artificial (IFA). 1.5.- Toma de las muestras (Agua, sedimentos). 1.6.- Calcular el porcentaje de remoción de arsénico y hierro en base a los monitoreos de agua programados.	1.1.1.- Mediante la exploración y realización de toma de muestras aleatorias, se determinó la zona de estudio, la cual el agua supera los LMP de arsénico y hierro. 1.2.1.- La adaptación se la realizó mediante la búsqueda de una zona con condiciones ambientales semejantes para el proceso aclimatación, la cual tuvo un periodo de 2 meses. 1.3.1.- La adaptación de las especies en el sistema hidropónico tuvo un periodo de 15 días, en donde se colocaron 50 individuos de pasto vetiver y 36 individuos de achira. 1.4.1.- Mediante la utilización de materiales de PVC, se establecieron las siguientes medidas 1.15m por lado y 2 flotadores por lado, adicionando una cuadrícula	Porcentaje de remoción de arsénico y hierro total.

con amarres para sostén de las especies.

1.5.1.- La toma de muestras de agua, se siguió la norma INEN 2169:2013 y las muestras de sedimentos se la realizó con la norma INEN-ISO 5667-3, además se contó con el GADP- Cotopaxi como cadena de custodio.

1.6.1.- Mediante la utilización del software Excel, la ecuación de remoción y la base de datos generados por los análisis de laboratorio (CICAM) se obtuvo el porcentaje de remoción.

Para la toma de muestras y el traslado de las muestras al Laboratorio la cadena de custodio se basa en la Norma Técnica INEN 2169:2013

OBJETIVO 2	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
2.- Determinar la influencia de los parámetros pH, temperatura, conductividad eléctrica y fosfatos en la disminución de arsénico y hierro	2.1.- Determinar la correlación existente entre los parámetros pH, Conductividad Eléctrica, Temperatura y Fosfatos con la concentración de As y Fe en los tanques	2.1.1.- Mediante la utilización del software Excel se realizó la correlación de Pearson de los parámetros y el porcentaje de remoción. 2.2.1.- Se realizó el análisis de los datos mediante la regresión lineal para establecer una ecuación la que	Correlación entre parámetros y la ecuación lineal de los parámetros para predicciones futuras.

en el tanque del reservorios determina la relación directa e inversamente proporcional de los parámetros con la disminución de As y Fe.

proyecto de riego Quebrada de Tiliche y Tiliche-San José.

Tiliche San José y Tiliche-San José.

Alto. 2.2.- Determinar la regresión lineal existente, entre las variables pH, Conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos con la remoción de As y Fe en el Agua.

OBJETIVO 3	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
3.- Identificar cualitativamente el tipo de arsénico y hierro que se remueve del agua mediante la aplicación del sistema IFA.	3.1.- Establecer la especie de Arsénico y Hierro que se encuentra en el agua de los tanques reservorios Quebrada de Tiliche y Tiliche-San José (Zona de Estudio).	3.1.1.- Para la especiación de los contaminantes (arsénico y hierro) que se encuentran en los tanques reservorios Quebrada de Tiliche y Tiliche-San José, se utilizaron fuentes bibliográficas. Se utilizó el parámetro pH para conocer la especie de As presente en el agua, mientras que para el Fe se comparó con la época climática.	Especies de Arsénico y Hierro identificadas.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C. 2021.

8. MARCO CONCEPTUAL

8.1. Calidad de Agua

La calidad del agua es fundamental para lograr el crecimiento económico y social de la población, ya que el nivel de contaminación de un cuerpo de agua es directamente proporcional al incremento o disminución de enfermedades y del bienestar económico de la sociedad. “La calidad del agua promueve la condición humana y es un primer nivel de intervención de la salud ambiental a nivel de las unidades familiares” (Villena Chávez, 2018). La calidad del agua posee un valor ecológico alto, debido a la necesidad para mantener los procesos biológicos de un ecosistema, además mantiene la integridad de la salud pública y permite el desarrollo del crecimiento económico.

Cuando se habla de calidad de agua, engloba a la regularización de las actividades que se desarrollan alrededor con la finalidad de mitigar los impactos negativos que se generen del desarrollo de las etapas de producción, para esto se debe entender a qué se hace referencia cuando aparece el término “preservación”. “La preservación de la integridad de las fuentes de agua, entendida como el mantenimiento de su estructura y función, implica conservar el balance natural de sus condiciones químicas, físicas y biológicas como un todo” (Arango et al., 2008). Esta conservación del recurso hídrico permite el desarrollo económico y social de la población, siempre enfocado en la conservación de la salud y el mejoramiento de los productos para su comercialización.

8.2. Parámetros Físicoquímicos del Agua

La calidad del agua en sus diferentes cuerpos, han sido valorados a partir de variables físicas, químicas y biológicas, en donde se ha logrado mantener una evaluación continua sobre el nivel de calidad que mantiene, así.

Los parámetros físicoquímicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico. (Samboni Ruiz, et al, 2007)

8.2.1. Temperatura

El agua es el elemento fundamental para el desarrollo de la vida, su estudio y entendimiento nos permite definir los factores relacionados a su calidad, tal es el caso de la temperatura, la cual permite el cambio de estados para generar el ciclo hidrológico, así:

La temperatura es una de la constante física que tiene una gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse. (Rodríguez Zamora, 2009)

Sin embargo, hay que tomar en cuenta que la temperatura de las aguas depende de las características del terreno, debido a la variación de las capas acuíferas.

8.2.2. Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica es uno de los parámetros que permiten determinar la calidad del agua. García de la Fuente establece que la conductividad eléctrica se concibe como la capacidad de una sustancia para conducir la corriente eléctrica (2013). Esta variable depende de la cantidad de sales disueltas en el agua. Su unidad de medida en la normativa nacional son los microsiemens/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

8.2.3. pH

El PH es una medida de la acidez o alcalinidad que indica la cantidad de iones de hidrógeno presentes en una solución. “El pH es una manera de cuantificar cuán ácida o básica (alcalina) es una solución. Se concibió en el año 1909 y es un índice logarítmico de la concentración de iones de hidrógeno en una solución acuosa. La escala debe leerse de manera inversa, de forma que los valores de pH decrecen cuando aumentan los niveles de iones hidrógeno” (Artero, et al, 2008).

8.2.4. Turbidez

La claridad del agua es uno de los parámetros importantes que permiten determinar la calidad del agua, ya que permite establecer el uso que se le puede dar al cuerpo de agua. Se define a la turbidez como:

La presencia de materias diversas en suspensión, arena, limos, coloides orgánicos, plancton y otros organismos microscópicos da lugar a la turbidez en un agua. Estas

partículas (de dimensiones variables, desde 10 nm hasta diámetros del orden de 0.1 mm) se pueden asociar a tres categorías: minerales, partículas orgánicas húmicas (provenientes de la descomposición o agregación de restos vegetales) y partículas filamentosas (por ejemplo, restos de amiantos u otros filosilicatos). (Marín Galvín, 2006)

8.2.5. *Oxígeno Disuelto*

El oxígeno disuelto permite el desarrollo de la biota en el ecosistema de agua dulce y marina ya que es fundamental para la vida de las especies del ecosistema acuático. El indicio de especies acuáticas se ha tomado como un indicador biológico, definiendo al oxígeno disuelto de la siguiente manera:

El oxígeno disuelto indica la cantidad de oxígeno disuelto disponible en los cuerpos de agua. Este parámetro da un indicativo de la contaminación del agua y del soporte que está puede dar para el crecimiento y reproducción animal y vegetal. Generalmente, altos niveles de agua indican una alta tasa fotosintética, principalmente de las plantas acuáticas. Factores como: alta intensidad lumínica, así como mayor turbulencia del cuerpo de agua pueden aumentar los niveles de oxígeno disuelto. (Gualdrón Durán, 2016)

8.2.6. *Demanda Química de Oxígeno*

La demanda química de oxígeno es un parámetro que determina la calidad de agua que existe en un cuerpo de agua. Se define como: “En términos de contaminación acuática, la Demanda Química de Oxígeno, DQO, es un análisis de laboratorio que permite determinar químicamente la cantidad de oxígeno que se requiere para oxidar la materia orgánica presente en una muestra de agua residual” (Zambrano Franco & Isaza Hinestroza, 1998).

8.2.7. *Sólidos Disueltos Totales*

El análisis de los sólidos totales es un parámetro importante para el control de procesos de tratamientos físicos y biológicos de aguas residuales, ya que permite asegurar el cumplimiento de los límites máximos permisibles establecidos por la normativa ambiental vigente, definiéndolo como:

Se consideran sólidos todas las sustancias presentes diferentes al agua, materiales suspendidos o disueltos en el agua. Los sólidos afectan la calidad del agua de diferentes formas: aguas con alta concentración de sólidos disueltos; generalmente son de baja

potabilidad y pueden inducir reacciones fisiológicas desfavorables en el ser humano (Rincón Silva, 2017).

8.3.Ciclo Hidrológico del Agua

El agua es el recurso natural más importante para el desarrollo de la vida en la tierra, ya que permite varios procesos físicos, químicos y biológicos. “El ciclo hidrológico, proceso a través del cual se abastecen de agua los seres vivos, constituye una de las partes más importantes de las condiciones naturales de las cuencas hidrológicas” (Maderey Rascón et al., 2000). Denotando la importancia del cuidado del recurso hídrico en todas sus fases, ya que las actividades antrópicas están generando alteraciones en el comportamiento del clima y en sí del ciclo hidrológico.

Según DeMiguel et al., (2009) menciona que hay que tomar en cuenta que el ciclo hidrológico supone un movimiento o transferencia de masas de agua de forma continua como consecuencia de un flujo energético, debido a que se trata de un conjunto de procesos simultáneos interrelacionados. Permitiendo que se generen los distintos fenómenos meteorológicos en diferentes partes del mundo.

8.3.1. Precipitación

La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y subterráneas, siendo esta característica indispensable para su evaluación y posterior generación de conocimiento de su distribución, tanto en el tiempo y el espacio, siendo problemas básicos de hidrología. Se define de la siguiente manera:

La precipitación en general es un proceso en el cual, las nubes se forman por el enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación, este enfriamiento produce el ascenso adiabático en el cual se produce descenso de la presión y temperatura, generando la condensación del contenido de humedad del aire y su posterior precipitación al suelo por efecto de la gravedad. (Maderey Rascón, 2005)

8.3.2. Evapotranspiración

La evapotranspiración es un fenómeno muy complicado, ya que comprende diferentes aspectos y procesos hidrológicos, meteorológicos, fisiológicos, tipos de suelos y plantas como factores para el análisis de su variabilidad, donde se la puede definir así:

Es un proceso complicado porque es el producto de diferentes procesos, como la evaporación del agua del suelo, el agua interceptada por el dosel y la transpiración de las hojas de las plantas. En estos procesos intervienen variables fisiológicas, edáficas y climáticas. (Labeledzki, 2011)

8.3.3. Infiltración

La infiltración es el paso de agua por las diferentes capas del suelo hasta llegar a las aguas superficiales, donde se toma en cuenta la fracción que se infiltra por efecto de la pendiente, la fracción que se filtra por efecto de la cobertura vegetal y la fracción que se filtra por la textura del suelo, este proceso se lo puede definir o entender de la siguiente manera:

De la lluvia que llega a la superficie del suelo, una fracción de ella infiltra, otro escurre y una pequeña fracción queda en charcos, que termina evaporándose o infiltrando. Sin embargo, la única fracción de lluvia con potencial a infiltrarse es la que llega a la superficie del suelo. Otra fracción de lluvia a considerar; es la interceptada por el follaje de las plantas. (Schosinsky & Losilla, 2000)

8.3.4. Escurrimiento

El escurrimiento es el proceso generado por la pérdida de cobertura vegetal que provoca la generación de superficies erosionadas, generando un nivel bajo de retención de agua. El escurrimiento se lo define como:

El escurrimiento es la parte de la precipitación que fluye sobre la superficie hacia cuerpos de agua mayores. Antes de que el escurrimiento ocurra, la lluvia debe satisfacer las demandas inmediatas de infiltración, evaporación, intercepción, almacenamiento y/o detención superficial a través de estructuras geológicas. (Kurezyn Robledo, et al, 2007)

8.4. Tipos de Fuentes de Agua Dulce

8.4.1. Aguas Subterráneas

El Acuerdo Ministerial 097-A, publicado en su Registro oficial en el 2015, define a las aguas subterráneas como: “Toda agua del subsuelo, especialmente la que se encuentra en la zona de saturación”.

8.4.2. Aguas Superficiales

Las aguas superficiales, según el Texto Unificado de Legislación Secundaria Ambiental TULSMA (2015), son “Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno” (pág.288). Siendo así la que mayor probabilidad posee de contaminarse de manera natural o antrópica.

8.4.3. Aguas Atmosféricas

Las aguas atmosféricas hacen referencia a la humedad relativa que existe en el aire, misma que al enfriarse se condensa y precipita generando la lluvia. En otras palabras:

La humedad atmosférica es una fuente alternativa de agua potable en las zonas áridas y semiáridas y se puede complementar con las fuentes tradicionales en los asentamientos agrícolas y en los sistemas de abastecimiento urbano de agua en estas regiones, como ocurre en Chile, Perú, Namibia e Islas Canarias, donde se utiliza como una fuente de agua potable. (Bautista Olivás, et al, 2011)

8.5. Contaminación del Agua

El agua es el elemento indispensable para el desarrollo de la vida, sin embargo, por su composición química y por su naturaleza, es susceptible a alteraciones en su estructura, por lo que se llega a contaminar. Esta contaminación puede ser de origen natural (por fenómenos naturales) o antropogénica (por el desarrollo de las actividades industriales y económicas). “Las aguas dulces tienen contaminación de origen minero, urbano, agrícola, pluvial e industrial. Sus contaminantes son orgánicos (ácidos grasos, aminoácidos, esteroides, detergentes, etc.) e inorgánicos (sales de sodio, manganeso, calcio, potasio, cloruros, nitratos, fosfatos, sulfatos)” (García Huamán et al., 2011). Permite generar una idea implícita sobre cómo se origina la contaminación de los recursos hídricos.

8.5.1. Contaminación Natural

La presencia del arsénico en el agua se puede presentar por disolución natural de minerales de depósitos geológicos, la descarga de los efluentes industriales y la sedimentación atmosférica. “En aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la especie más común es la pentavalente o arseniato (As^{+5}). Bajo condiciones de reducción, generalmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, predomina el arsénico trivalente o arsenito, (As^{+3})” (USEPA, 2010).

8.5.2. Contaminación Antropogénica

El aumento de las actividades antropogénicas, el desarrollo industrial y el crecimiento poblacional; generan procesos como el aumento de la frontera agrícola y la ampliación de las zonas urbanas.

La contaminación por metales pesados es un problema que ha ido en aumento debido principalmente a actividades antrópicas. Entre las principales fuentes de contaminación se encuentran la minería, la metalúrgica, la agricultura, los vehículos automotores y el aporte natural en ciertos acuíferos. (Covarrubias & Peña Cabriales, 2017)

8.6. Contaminación por metales pesados

La contaminación por metales pesados es un problema que ha ido aumentando debido al aumento de las actividades antrópicas y por la falta de estudios que se realiza a los cuerpos de agua explotados, generando además un proceso de contaminación natural.

La contaminación por metales pesados y metaloides en recursos hídricos, suelos y aire plantea una de las más severas problemáticas que comprometen la seguridad alimentaria y salud pública a nivel global y local. En esta revisión, se aborda el problema específico de contaminación por mercurio (Hg), Arsénico (As), Cadmio (Cd) y Plomo (Pb) en ambiente y alimentos. (Reyes, et al, 2016)

El agua contaminada genera procesos de bioacumulación, ya que ésta es una de las características de los metales pesados, como se lo evidencia en la investigación de Prieto Méndez y otros, donde menciona:

Los metales pesados son peligrosos porque tienden a bioacumularse en diferentes cultivos. La bioacumulación significa un aumento en la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo, comparada a la concentración de dicho producto químico en el ambiente. (Prieto Méndez, et al, 2009)

8.7. Presencia de Arsénico en el Agua

8.7.1. El Arsénico

Según Byeon et al., (2021) menciona que el arsénico es un elemento químico representado con el símbolo As, cuyas características lo convierten en un metaloide tóxico de gran movilidad en el medio y con capacidad de acumularse en los ecosistemas. Este elemento se encuentra en el vigésimo lugar de abundancia en la corteza terrestre del planeta. “El color que presenta en el

ambiente puede ser blanquecino y en algunos casos incoloro, además tampoco presenta sabor ni olor” (L. López, 2021)

Según indica Zambrano et al., (2007) El arsénico es un sólido metálico frágil con una resistividad eléctrica de $33 \mu\Omega\cdot\text{cm}$, por ello forma aleaciones con metales, pero también se enlaza con el carbono, hidrógeno y oxígeno, además, a pesar de ser considerado como un metaloide también entra en la categoría de metales pesados.

Puede encontrarse en el ambiente de diferentes maneras, normalmente en compuestos. “Los compuestos más comunes en que se presenta son: trióxido de arsénico (As_2O_3), realgar (As_2S_2), arsenopirita (FeAsS) y oropimente (As_2S_3). No es común encontrar al arsénico como elemento puro, pero en ocasiones suele estar presente” (Bocanegra & Bocanegra, 2002).

8.7.1.1.El arsénico en el agua.

Comúnmente el arsénico se encuentra en las aguas naturales de manera disuelta, como arsénico trivalente [As (III)], arsénico pentavalente [As (V)], y en muy pocos casos como otros estados de oxidación [As (0), As (-I) y As (-II)]. “Si bien el arsénico As (III) y [As (V)] son móviles en el medio ambiente, el [As (III)] es el más inestable y biotóxico” (Brookins, D. G., 1988).

Si es verdad que las concentraciones de arsénico van a variar dependiendo de los pisos altitudinales, topografía y la geología de la zona que sea objeto de estudio, según Lillo, (2008) afirma que los valores en ríos son relativamente bajos (menos de $0.8 \mu\text{g/l}$), van a depender de varios factores como: litología de la cuenca, drenaje de la zona, actividad minera, vertidos urbanos e industriales, recarga subterránea y superficial, clima o evaporación.

De la misma manera Smedley & Kinniburgh, (2002) menciona que, en los ríos, en lagos la concentración de arsénico suele ser baja y van a depender de los mismos factores, sin embargo, el estancamiento del agua puede ser un factor que difiere a los de los ríos. La concentración de arsénico en el mar abierto suele tener muy pocas variaciones a $1.5 \mu\text{g/l}$. “Mientras tanto, en estuarios los valores tienden a variar debido a la presencia de factores como salinidad, gradientes redox, efluentes superficiales, temperatura, pH, entre otros” (Lillo, 2008).

Para aguas subterráneas las concentraciones pueden ser altas por procesos naturales cuando se presentan depósitos minerales, aunque también pueden verse influenciados por procesos antropogénicos. “Las concentraciones altas de arsénico en aguas subterráneas no se sitúan en un punto en específico, sino que suelen movilizarse en extensas áreas” (Smedley & Kinniburgh, 2002).

8.7.1.2. Contaminación natural por arsénico.

Según WHO, (2011) menciona que, en la naturaleza, el arsénico se presenta a manera de trazas y su movilidad a través de los ecosistemas va a depender de las interacciones bióticas y abióticas del mismo. “Las concentraciones de arsénico pueden deberse a que las aguas subterráneas de acuíferos se ven contaminadas por fluidos geotérmicos que se producen por el aumento de temperatura” (Electroconsult, 2001). Es por ello que existe una gran concentración de arsénico en las aguas provenientes de volcanes.

“Las ubicaciones con contaminación natural de arsénico comúnmente se asocian con sitios donde existe material volcánico o cerca de los mismos” (Farias et al., 2003). El análisis realizado por Cao et al., (2021) muestra que el clima y la textura del suelo inciden en gran manera para que se presente contaminación por fuentes naturales, especialmente provocadas por precipitaciones.

8.7.1.3. Efectos del arsénico en la salud humana.

El estudio realizado por Kumar et al., (2021) ha encontrado una gran relación entre la ingesta y contacto con agua contaminada con arsénico con la presencia de cáncer. “El arsénico ha sido asociado en Estados Unidos con la presencia de enfermedades como la pericarditis, nefritis, cáncer de próstata y enfermedades cardiológicas” (Lewis et al., 1999).

Según Medina Pizzali et al., (2018) menciona que la exposición al arsénico afecta de manera principal la piel, las vías respiratorias, el sistema nervioso, reproductivo, digestivo, endócrino, cardiovascular, renal y hepático. Entre los efectos a corto plazo encontramos un sabor metálico en la boca, seguido de síntomas gastrointestinales, diarrea, dolor abdominal y vómitos. Los efectos crónicos que podemos encontrar son los siguientes: neuropatías, Alzheimer, alteración del sistema inmune, lesiones cardíacas críticas, disfunción renal, cáncer de riñón, vejiga y próstata, anemia hemolítica, infertilidad, problemas en el desarrollo del feto, disfunción pulmonar, cáncer pulmonar y de páncreas, cirrosis, debilidad muscular, entre muchos otros.

8.7.2. El Hierro

El hierro es un elemento que se presenta de manera natural en el ambiente, siendo uno de los más abundantes. Según menciona Pabón-Guerrero, et al, (2021), el hierro es un elemento que reacciona fácilmente con el oxígeno, por lo que se suele encontrar en forma de óxidos.

8.7.2.1.El hierro en el agua.

La precipitación es el principal factor para que el hierro contenido en rocas y formaciones geológicas contamine el agua. Según explican McFarland & Dozier, (2001), el agua puede remover el hierro de las rocas superficiales y arrastrarlo, o puede infiltrarse en las rocas llevando consigo hierro hacia las aguas subterráneas.

8.7.2.2.Efectos del hierro en la salud humana.

Si bien el hierro es un oligoelemento necesario para el correcto funcionamiento metabólico de los seres humanos, su contacto prolongado y una dosis alta puede conllevar problemas de salud. Según Aguirre, (2019) menciona que la primera alerta de hierro en el agua es el mal sabor que provoca ingerirla, así como su desagradable olor y color. Debemos tener en cuenta que nuestro organismo solamente absorbe una pequeña parte del hierro ingerido, sin embargo, una sobrecarga de hierro ocasiona algunas enfermedades. El estudio de Vaquero, (2010) indica que enfermedades como la hemocromatosis y ciertas anemias, provocan un mayor almacenamiento del hierro en el organismo provocando problemas cardiovasculares, aterosclerosis. Con el paso del tiempo el hierro se acumula y provoca letargia, artralgia y astenia.

8.7.2.3.Oxidación del hierro.

Existen diferentes especies de hierro en el agua, siendo el Fe (II) y Fe (III) las que se encuentran mayormente presentes. Según mencionan Guillen-Rivas et al, (2021) ambas especies de hierro reaccionan con el oxígeno disuelto del agua, produciendo óxidos. El estudio de To et al, (1999) afirma que la especie de Fe (II) es soluble, mientras que el Fe (III) es la forma insoluble, por lo que esta última se precipita rápidamente en el agua formando óxido férrico hidrogenado.

Hay que tener en cuenta que el hierro y el arsénico son dos elementos que se encuentran relacionados cuando el agua se encuentra contaminada con alguno de ellos. El estudio de Coaquira (2019) menciona que el hierro tiene una alta afinidad para la adsorción del arsénico presente en el agua, por lo que, al precipitarse el Fe (III), también se precipita una cantidad de As.

8.8.Fitorremediación

“La fitorremediación es una tecnología sustentable basada en la naturaleza que consiste en el uso de especies vegetales in situ para limpiar o restaurar ambientes con contaminantes orgánicos o inorgánicos” (R. A. N. López & Vong, 2004). Según Ayala et al., (2018) menciona que esta solución funciona principalmente por el gran nivel de absorción y remoción que

presentan las plantas, sin recibir efectos adversos, mediante procesos químicos, físicos y biológicos.

8.8.1. Islas Flotantes Artificiales (IFA)

Las islas flotantes artificiales, también conocidas como humedales flotantes o humedales artificiales, son una solución basada en el método de fitorremediación. Según Fonseca et al., (2020) menciona que estos humedales se emplean para la restauración de ecosistemas acuáticos debido a la gran eficiencia que proveen y a su bajo costo. “Esta tecnología resulta sustentable debido a la sencillez de su implementación, los bajos costos de construcción y mantenimiento y su integración con el paisaje y el ecosistema” (Rowan et al., 2018).

8.8.2. Funcionamiento del Sistema IFA

Según Gersberg et al., (1989) menciona que los sistemas de Islas Flotantes Artificiales (IFA), también llamados humedales artificiales, tienen la capacidad de remover contaminantes acuáticos mediante procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en la rizosfera de las plantas empleadas. Según investigaciones realizadas por Lu et al., (2019 y Shahid et al., (2018) afirman que el funcionamiento y eficiencia de las IFA se deben investigar en función de distintos parámetros, ya que este sistema filtra el agua, absorbiendo los contaminantes por las raíces, mientras que los microorganismos de las raíces forman biopelículas que degradan los contaminantes, logrando remover los contaminantes de manera eficiente.

8.8.3. Sistema IFA en el mundo

En los últimos años se ha podido notar un aumento en la contaminación de las fuentes hídricas alrededor del mundo, según Zhang et al., (2021) menciona que por tal motivo se han implementado tecnologías innovadoras para solucionar este problema con soluciones basadas en la naturaleza. “Alrededor del mundo, debido a las actividades humanas, los humedales naturales han ido desapareciendo, al igual que los beneficios que genera, mientras que los humedales artificiales o islas flotantes artificiales han aumentado” (Bellio et al., 2009).

La primera isla flotante artificial fue desarrollada, más que como un sistema de tratamiento de aguas, para aportar a ecosistemas ribereños de Europa. “No fue hasta el año de 1980 que se implementó en Alemania el primer sistema IFA para la remoción de plata, cobalto y estroncio, obteniendo excelentes resultados” (Wolverton & McDonald, 1975). Según Wu et al., (2000) menciona que posteriormente se desarrollaron e implementaron sistema IFA en Japón con el uso de la especie achira, la cual sigue utilizándose para el tratamiento de aguas residuales.

En la investigación realizada por N. Sánchez et al., (2008) afirma que, si bien la implementación de humedales artificiales ha aumentado en varias partes del mundo, en países en vías de desarrollo, en los inicios de la implementación de sistemas IFA, se tuvo ciertos inconvenientes en su funcionamiento debido al diseño empleado por la falta de conocimiento de los mismos. En la actualidad los sistemas de islas flotantes artificiales han mejorado su eficacia y eficiencia debido al cumulo de conocimientos y experimentaciones realizados en la última década.

8.8.4. Sistema IFA en el Ecuador

En el Ecuador, en los últimos años se han desarrollado varias investigaciones sobre la eficacia del sistema IFA, obteniendo buenos resultados. Según Lara & Narváez, (2020) afirman que el Ministerio del Ambiente, en el año 2017, implementó un total de 40 Islas Flotantes Artificiales en el estero Palanqueado de la ciudad de Guayaquil, para mejorar y restaurar los parámetros físicos, químicos y biológicos del estero. Se ubicaron especies nativas como: Lirio (*Crinum kunthianum*), mangle rojo (*Rhizophora mangle*), *Sesuvium* y Paja de San Agustín (*Stenotaphrum secundatum*).

Se realizaron 21 muestreos de seis parámetros en el periodo junio a noviembre de 2017. Para coliformes fecales, la línea base inicial fue de 200 NMP/100ml, de lo cual incrementó hasta la media de 3254 NMP/100ml. Los valores de coliformes totales cambiaron de 1700 NMP/100ml a una media de 23297 NMP/100 ml. El OD inició con 61% en la línea base y la media fue de 57.75%. La relación de nitrógeno – fósforo inició con 4.22 hasta llegar a un valor medio de 2.56. “El pH de la línea base fue de 7.25, mientras que con la implementación de las IFA se llegó a un valor de 7.64” (Lara & Narváez, 2020).

“Los resultados obtenidos durante el piloto de las islas flotantes nos muestran datos que no son concluyentes respecto a lo esperado en la hipótesis planteada, pero si se observa una tendencia hacia el mejoramiento de los niveles respecto a los límites permisibles dados por la tabla 6 del TULSMA” (Lara & Narváez, 2020).

De la misma manera, según Almache & Sinchiguano, (2019), Toapanta & Sumba, (2019) y Aguilar & Castillo, (2019) mencionan que en la Universidad Técnica de Cotopaxi se ha investigado sobre el sistema IFA con distintas especies, obteniendo valores favorables para la descontaminación de fuentes de agua. Entre las especies evaluadas se encuentran: pasto vetiver (*Vetiveria zizanioides*), achira (*Canna indica*) y pasto guinea (*Panicum máximum*).

8.9. Pasto vetiver (*Crhysopogon zizanioides*)

Según Davamani et al., (2021) menciona que el vetiver es una especie eficaz para la fitorremediación de aguas contaminadas debido a sus propiedades fisiológicas y morfológicas. “Esta especie pertenece a la familia de las poáceas y proviene del sur y sureste de Asia” (Banerjee et al., 2016).

8.9.1. Morfología.

Esta especie se adapta a suelos con cualquier textura y variación de pH. Su mejor desarrollo se da en áreas con abundante precipitación (entre 1000 a 2000 mm al año) y con temperaturas entre los 21°C a 44.5°C. La temperatura más baja que se tiene registro de soportar es de -15°C. Sin embargo, cuando se encuentra en climas fríos, su raíz sobrevive, pero sus hojas empiezan a morir y a tornarse purpuras. “Además logra soportar suelos y aguas con presencia de metales pesados como el arsénico, plomo, cadmio, níquel, selenio, zinc y mercurio” (Elías, 2018).

Según Acosta et al., (2017) menciona que la planta vetiver es una especie estéril, es decir, solo se reproduce por esquejes o plántulas, en otras palabras, no es invasiva. Esta planta crece con facilidad en distintos tipos de suelo y es resistente a distintos tipos de clima y contaminantes. “Sus raíces crecen aceleradamente y de manera vertical; además pueden llegar a medir 5 metros, evitando la erosión del suelo” (Passos & Gil, 2017). Debido a estas características ha sido altamente empleada en el control de la erosión, fitorremediación e incluso como biomasa.

8.9.2. Propagación

Para la propagación de esta especie se deben escoger las plantas madres que tengan más de un año y medio para luego separar un macollo o hijuelo. A estos hijuelos se los corta hasta que tengan una altura de 15 a 20 cm. Según Ponce, (2020) a la hora de plantar la especie pasto vetiver se las ubica en líneas paralelas a una distancia de 80 cm a un metro entre cada uno.

8.9.3. Usos y Beneficios

El vetiver, debido a la profundidad a la que pueden llegar sus raíces, sirve para el control de la erosión de taludes tal y como lo menciona S. Sánchez & Oviedo, (2019) donde funcionan como cortinas rompevientos en terrenos destinados para el cultivo, lo cual es afirmado por la investigación realizada por Rodríguez et al., (2017). Las características del vetiver también lo posicionan como una de las plantas más eficientes y versátiles para la fitorremediación de agua y suelo (Rivera, 2018). “El pasto vetiver, debido a la gran cantidad y producción puede servir como biomasa o como forraje para el alimento del ganado” (Segovia & Zambrano, 2021).

8.10. Achira (*Canna indica*)

Según los autores Morocho, (2013), Santacruz et al., (2002) y Gallegos & Aguilar, (2020) mencionan que la especie achira es una especie andina perteneciente a la familia Cannaceae, cuenta con un sistema radical, rizomas, tallo, sistema foliar e inflorescencia y en su mayoría es utilizada para la depuración natural de fuentes de agua contaminadas.

8.10.1. Morfología

La achira es una especie originaria de Latinoamérica, es decir, América central, el caribe y Sudamérica. “Su crecimiento se produce en lugares pantanosos y humedales, en las orillas de arroyos y otras zonas con humedad alta” (Kaur et al., 2021).

Esta especie es bastante resistente y puede llegar a desarrollarse en suelos donde otros rizomas no podrían. Los rizomas suelen ser abundantes (esféricos o cilíndricos) y pueden llegar a medir entre 5 a 20 cm de largo por 3 a 12 cm de ancho. “Las raíces salen desde la parte inferior, mientras que el ápice, las hojas y el vástago floral salen desde la parte superior” (Caicedo, 2014).

Los tallos son de 0.40 a 2.5 metros de altura, están cubiertos por las vainas envolventes de las hojas; los pecíolos son generalmente oblongos, ovales, oblongo elípticos de 0 a 70 cm de largo y de 5 a 30 cm de ancho. Las flores tienen racimos laxos, simples o bifurcados de color amarillo, rojo; son rojas por dentro y por fuera anaranjadas. Los frutos son cápsulas de tres celdas con semillas esféricas de color negro (Caicedo, 2014).

8.10.2. Propagación

La propagación de las achiras puede ser asexual y es bastante sencilla. Generalmente se propagan mediante semillas, rizomas o cormos. Esta especie puede soportar diferentes tipos de suelo y clima. “El uso de rizomas es el más comúnmente usado al ser el más fácil y efectivo” (Aguilar & Castillo, 2019).

8.10.3. Usos y Beneficios

La achira es usada para la alimentación humana, animal y como materia prima para la extracción del almidón. Además, según Caicedo et al., (2000) menciona que es usada en la industria de alimentos, farmacéuticas y agroindustria. Para la alimentación de vacas se usa principalmente el tallo y las hojas.

La achira se puede emplear para cerramientos por su capacidad de actuar como barrera rompivientos. Además, ayuda a los cultivos al mantener viva la microfauna del suelo. También puede ser empleada como materia prima para la elaboración de humus en vermicomposteras. “La achira también es ampliamente usada para la fitorremediación de suelos y aguas contaminadas” (Carrera, 2009).

8.11. Fundamento Legal

8.11.1. Acuerdo Ministerial 097 A

Para la interpretación de los resultados emitidos por el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM, se utilizó el Acuerdo Ministerial 097-A, en su Libro VI del Texto unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Anexo 1 de las normas de Calidad Ambiental y de descarga de efluentes recurso agua, Tabla 3 de los criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

Según el Acuerdo Ministerial 097-A, (2015), Límite máximo permisible se lo define como: las disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado.

Tabla 4. Límites máximos permisibles para agua de riego para uso agrícola.

Parámetros	Siglas	Unidad	Límite Máximo Permissible
Arsénico	As	mg/L	0.1
Hierro Total	Fe	mg/L	5.0

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

8.11.2. Límites Máximos Permisibles para Sedimentos

8.11.2.1. Arsénico: Norma oficial Mexicana 147-SEMARNAT/SSA1-2004.

Para la interpretación de los resultados emitidos por el Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM, se utilizó la tabla 2 emitida en la Norma Oficial Mexicana-147-SEMARNAT/SSA1-2004 (Tabla 5) en el cual establece un límite máximo permisible de arsénico en sedimentos de 5.90 mg.kg^{-1} , esto debido a la ausencia de límites máximos permisibles en la normativa nacional.

Tabla 5. Límites máximos permisibles de arsénico en sedimentos.

Parámetros	Siglas	Unidad	Límite Máximo Permisible
Arsénico	As	mg.kg ⁻¹	5.90

Fuente: (Norma Oficial Mexicana-147-SEMARNAT/SSA1, 2004)

8.11.2.2. Hierro: American Petroleum Institute.

Para la interpretación de los resultados emitidos por el Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM, se utilizó la tabla emitida en la American Petroleum Institute (Tabla 6) en el cual establece un límite máximo permisible de hierro en sedimentos de 0.05 mg.kg⁻¹, esto debido a la ausencia de límites máximos permisibles en la normativa nacional.

Tabla 6. Límites máximos permisibles de hierro en sedimentos.

Parámetros	Siglas	Unidad	Límite Máximo Permisible
Hierro	Fe	mg.kg ⁻¹	0.05

Fuente: (American Petroleum Institute, 1983)

9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿El sistema de islas flotantes artificiales con la combinación de especies pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*) podría ser una alternativa tecnológica viable para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico y hierro a escala real?

En base a los datos obtenidos de los muestreos de agua en un periodo de evaluación de 4 meses, se determinó que mediante la implementación del sistema Integral de Islas Flotantes Artificiales con la combinación pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*) (IFA), se obtiene un porcentaje de remoción entre 26.9% y 35.44%. Determinando que el sistema IFA es una alternativa económicamente viable para el tratamiento de aguas contaminadas con arsénico y hierro.

10. METODOLOGÍA

10.1. Tipo de Investigación

10.1.1. Investigación Bibliográfica

Este tipo de investigación permitió a los investigadores recopilar información base para la correcta conceptualización de términos necesarios para el desarrollo de la investigación. Para

esto se utilizaron las siguientes bases de datos: Scielo, Redalyc, Dialnet, ScienceDirect, Tesis, Google Libros, Google scholar, PDOT de la parroquia de Toacaso y la normativa ambiental vigente.

10.1.2. Investigación Descriptiva

Este tipo de investigación permitió delimitar la zona de influencia para la investigación; la cual se desarrolló en el reservorio de agua de la Quebrada de Tiliche del proyecto de riego “Tiliche San José”, comuna Planchaloma, Parroquia Toacaso, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Zona 3. Esta área se encuentra inmersa en el complejo volcánico Los Ilinizas, lugar del cual se capta el agua para su aprovechamiento en el desarrollo de las actividades agrícolas por los miembros de la comunidad de Tiliche San José.

10.1.3. Investigación de campo

Mediante la utilización de este tipo de investigación, los investigadores realizaron visitas de campo (in situ) a la comunidad de Planchaloma, donde se determinó la zona de estudio mediante un análisis visual de la coloración del agua, proceso que permitió la implementación del sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFA) mediante la combinación de la especie pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*). El sistema se instaló en el tanque reservorio ubicado en las siguientes coordenadas: X: 752053.00; Y: 9919800.00; Z: 3548 m.s.n.m.

10.1.4. Investigación experimental

Este tipo de Investigación permitió a los investigadores realizar una evaluación al Sistema Integral de Islas Flotantes Artificiales mediante la utilización de la combinación pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*) para la remoción de arsénico y hierro a escala real, donde se utilizó 550 individuos (57.89%) de la especie pasto vetiver y 400 individuos (42.10%) de la especie achira. De esta manera se generan resultados cuantificables para determinar, en situaciones reales, su eficacia y eficiencia en la depuración del agua contaminada.

La investigación es de carácter experimental debido a que se pueden controlar las siguientes variables: cantidad de plantas por isla, número de islas y porcentaje de islas dependiendo del área de estudio. Por otro lado, hubo variables que no se pudieron controlar, como son: temperatura, C.E., pH, fosfatos, concentración de As y Fe que ingresa al tanque y variables meteorológicas.

10.1.5. Investigación Analítica

Mediante este tipo de investigación se pudo realizar el análisis e interpretación de los resultados generados por el Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM para las muestras de agua por medio de la ecuación de porcentaje de remoción. Así, con los datos obtenidos, se pueden generar gráficas con la ayuda del software Excel para mejorar la interpretación de los resultados de la investigación.

10.2. Métodos

Los métodos utilizados para la ejecución del presente proyecto de investigación son los siguientes:

10.2.1. Método Experimental

Este método permitió generar conocimientos sobre la eficacia y eficiencia del Sistema Integral de Islas Flotantes mediante la combinación de las especies pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*) a escala real, generando datos de la remoción de arsénico y hierro del agua del reservorio de la Quebrada de Tiliche. Los datos obtenidos sirven para compararlos con los límites máximos permisibles vigentes.

Observación: Mediante el método experimental se logró observar los cambios que tuvo la combinación de las especies pasto vetiver y achira en las etapas de adaptación.

Análisis: Para realizar el análisis de los resultados, se realizó el cálculo mediante la utilización del software Excel, mismo que permitió elaborar histogramas y gráficas que permitieron determinar el porcentaje de remoción y la evolución del sistema IFA en un tiempo determinado.

Comparación: La comparación de los resultados fue realizada tomando dos factores, el primero es la remoción de arsénico y hierro mediante la implementación del sistema IFA y el segundo es el periodo de tiempo que duró el sistema en el reservorio de agua.

10.3. Técnicas

Para la ejecución del presente proyecto de investigación se utilizó las siguientes técnicas:

10.3.1. Observación Directa

Mediante la técnica de observación directa, en la presente investigación, se logró determinar e identificar la zona de estudio e implementación del sistema de Islas Flotantes Artificiales IFA.

Además, permitió observar el cambio generado en la coloración del cuerpo de agua como indicador de la efectividad del sistema IFA en sus diferentes etapas de adaptación.

10.3.2. Monitoreo

Se realizó 24 monitoreos de agua, de los cuales: 12 fueron de entrada y 12 de salida. Las muestras de entrada fueron tomadas cada 8 días en un periodo de 132 días y sirvieron para determinar la concentración de arsénico y hierro en el tanque reservorio de la Quebrada de Tiliche. Las muestras de salida fueron tomadas semanalmente durante un periodo de 144 días.

También se tomaron 2 muestras de sedimentos, una de cada reservorio. Además, se tomó una muestra de agua y una de sedimentos de la vertiente de Los Ilinizas. Todo esto permitió identificar el porcentaje de remoción.

En cada muestra de agua, se tomaron *in situ* los valores de los parámetros: pH y temperatura (probador de pH 8685 AZ), conductividad eléctrica (conductímetro portátil YL-TDS2-A), y fosfatos (Seachem Multitest Phosphate). Los materiales e instrumentos se lo pueden observar en la Tabla 7.

Tabla 7. Materiales e Instrumentos.

Materiales	Instrumentos
Caja de guantes quirúrgicos	pH metro (probador de pH 8685 AZ)
Ácido nítrico (25 ml)	Conductímetro (YL-TDS2-A)
Cloruro de Potasio (50 ml)	Kit de fosfatos (Seachem Multitest Phosphate)
Calibradores de pH	Pipeta plástica
Recipientes de muestra (60 unidades)	Flexómetro
Fundas de basura (disposición final)	Celular (Fotos y GPS)

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

10.4. Actividades

10.4.1. Área de Estudio

El estudio corresponde a las aguas que son aprovechadas de la quebrada Tiliche-San José del proyecto de riego “Tiliche-San José Alto”; proyecto que cuenta con un caudal de 8 litros por segundo más los excedentes y remanentes que se generan en la quebrada por ser la toma y captación del proyecto de riego. Se localiza en la comuna Planchaloma perteneciente a la

parroquia Toacaso, ubicada en el Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi. La quebrada Tiliche-San José está ubicada en el Complejo Volcánico y Reserva Ecológica Los Ilinizas, acogiéndose dentro del sistema de Áreas Protegidas (SNAP) del Ecuador.

Tabla 8. Coordenadas del área de estudio.

Coordenadas de la naciente de agua los Ilinizas					
X0		Y0		Z0	
752773.87		9921951.85		3773	
Coordenadas de los Tanques reservorio					
Quebrada de Tiliche (QT)			Tiliche San José (TS)		
Bocatoma del sistema (Entrada)			Salida del Sistema (Salida)		
X1	Y1	Z1	X2	Y2	Z2
752053.24	9919801.26	3548	759666.72	9912255.99	3113

Leyenda: QT = Lugar de entrada de agua al sistema. TS = Lugar de salida de agua del sistema. X1, Y1 = Coordenadas del Tanque QT. X2, Y2 = Coordenadas del Tanque TS. Z1, Z2 = Altitud msnm de los tanques de entrada y salida.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Para evaluar la capacidad de remoción de arsénico y hierro por el sistema IFA, la presente investigación constó de cuatro etapas: Adaptación, Construcción, Evaluación y Disposición Final. Además, se tomó una muestra inicial en la naciente de los Ilinizas, para conocer la concentración de arsénico y hierro con la que el agua ingresa al reservorio QT (entrada).

10.4.2. Adaptación de las especies

El proceso de adaptación se realizó en dos etapas debido a la distinta adquisición de las especies. En el caso del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), se lo adquirió con una altura entre 30 a 40 cm de largo y un sistema radicular entre 8 a 14 cm de largo, mismas que fueron adquiridas en un vivero en el sector “El Limonal” en la vía a San Lorenzo, en las estribaciones occidentales de los Andes en la Provincia de Imbabura. La zona es subtropical y se encuentra a 954 m.s.n.m. Posteriormente fueron trasladadas al barrio El Tejar de la parroquia Aláquez del cantón Latacunga, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, misma que se encuentra a una altitud de 3080 m.s.n.m.

En el caso de la especie achira (*Canna indica*) se la adquirió con una altura entre 15 a 40 cm y un sistema radicular entre 8 a 15 cm de largo, en el barrio Santa Bárbara, ubicado a una altitud

de 2805 m.s.n.m. El barrio se encuentra en la parroquia San Buenaventura del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi.

La adaptación se realizó en dos fases: Fase terrestre (suelo) y fase acuática (agua).

10.4.2.1. Adaptación en el suelo.

10.4.2.1.1. Preparación del suelo.

La preparación del suelo inició con la limpieza de malas hierbas, raíces de especies arbustivas y herbáceas, y materiales que impiden el correcto desarrollo radicular de la planta. Para esto se utilizó azadas, rastrillos y, para las zonas de difícil acceso, se contrató maquinaria agrícola para una mejor oxigenación del suelo antes de ser utilizado.

10.4.2.1.2. Abonado del suelo.

Para la fertilización del suelo, se realizó la adquisición de 3 quintales de abono orgánico marca “Fertiplus”, los cuales fueron incorporados al suelo para una mejor nutrición de las plantas (Anexo 2, Ilustración 2).

10.4.2.1.3. Trasplantación.

Se realizó por la técnica de esquejes, la cual consiste en incorporar tallos y hojas con una cantidad pequeña de raíces al suelo previamente abonado. Cada esqueje fue plantado con una separación entre plantas de 30 cm.

10.4.2.1.4. Riego.

Debido a las características topográficas y climáticas de la superficie utilizada para la adaptación de las especies, se realizó un riego frecuente por los dos meses de adaptación que tuvieron las especies, asegurando así la supervivencia de la mayoría de la población vegetativa.

10.4.2.1.5. Tiempo de Adaptación.

La adaptación en el suelo se llevó a cabo en un periodo de tiempo de 2 meses, en los cuales la planta desarrolló su sistema radicular y generó mayor resistencia al clima frío.

10.4.2.2. Adaptación en el agua.

Debido a la cantidad de individuos utilizados (900 unidades vegetativas), en el proceso de adaptación en el agua se utilizó contenedores, en los cuales las especies reposaron por tres días

antes de su incorporación en el sistema de islas flotantes. En los contenedores, el sistema radicular de los individuos fue sumergido en agua rica en nutrientes.

10.4.2.2.1. Tiempo de Adaptación.

El periodo de adaptación en el agua fue de 3 días, para posteriormente ser trasladadas al área de estudio.

10.4.3. Construcción del Sistema de Islas Flotantes Artificiales

10.4.3.1. Construcción de las Islas Flotantes Artificiales.

- Selección de materiales

Los materiales utilizados para la investigación son de impacto ambiental bajo y poseen una durabilidad alta debido a la naturaleza de los materiales; estos son: Tubos y codos PVC de dos pulgadas y media, pegamento de tubo, malla plástica con abertura de 1 cm, amarres plásticos, piola de nylon y botellas de 1 litro recicladas. Estos materiales han sido elegidos por su disponibilidad.

Según (Chiriboga & Sánchez, 2020) los materiales que debe contener una isla flotante son los siguientes:

- Roca pumina: da soporte y flotabilidad a las islas.
- Fibra de coco: permite un equilibrio entre la retención del agua y la capacidad de aireación.
- Tubos PVC: sirven para armar la estructura que dará flotabilidad a la isla.
- Malla plástica: ayuda como soporte para los demás materiales que contendrá la isla.
- Botellas recicladas: adicionan flotabilidad a la isla flotante.
- Correas de amarre plástico: para sujetar la malla plástica a la estructura de PVC.
- Plantas: especie vegetal con características necesarias para la remoción del contaminante.

- Ensamblado de la matriz flotante

Para el ensamblaje de la matriz flotante, se inició con el establecimiento de las dimensiones de la isla, para posteriormente realizar los cortes de las tuberías. Estas tuberías cortadas se unen a los codos mediante la incorporación del pegamento para evitar filtraciones. De la misma manera se corta la malla plástica con las dimensiones planificadas para luego fijarla a la estructura de PVC con la ayuda de amarres plásticos. Esta malla plástica funciona como base contenedora de

las especies fitorremediadoras. Por último, en la parte inferior de la matriz se colocan las botellas plásticas las cuales serán fijadas con la piola de nylon. Estas botellas le darán una mayor flotabilidad a la isla.

- **Elaboración del sustrato**

La fibra de coco es un sustrato que va a estabilizar la temperatura de la planta, además de disminuir las enfermedades y plagas que afecten al sistema. Para la elaboración de la fibra de coco se deben seguir los siguientes pasos: machacar el coco hasta separar sus fibras, deshilar cada fibra hasta obtener un sustrato suave y maleable, lavar el sustrato en sal y dejar secar en una estufa por 2 horas a 120 °C.

10.4.3.2. Delimitación de las medidas del reservorio.

Para la determinación del área del reservorio se utilizó una cinta métrica la cual permitió tomar las medidas necesarias para el establecimiento del volumen final. Se determinó que el reservorio posee una forma rectangular de dimensiones 7.16 m x 9.87 m y una profundidad de 2.54 m.

10.4.4. Evaluación del Sistema de Islas Flotantes

10.4.4.1. Muestreo.

10.4.4.1.1. Toma de la muestra de agua.

Las muestras de agua tomadas son utilizadas para determinar la concentración de Arsénico (As) y Hierro (Fe) al inicio y al final de la investigación, es decir, la investigación evaluará el proceso de evolución en la disminución del metaloide mediante la implementación del sistema IFA. Para conocer la concentración de As y Fe en el agua que ingresa al reservorio, se tomó una muestra de agua de la naciente de los Ilinizas. De la misma manera, se tomó una muestra de lodos para conocer si existía sedimentación en este punto.

Para su desarrollo se utilizó la Norma Técnica INEN 2169:2013 la cual va enfocada en la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. Además, es necesario realizar los siguientes pasos:

- Utilizar guantes de látex para la toma de muestra evitando contaminar o modificar la naturaleza del agua.
- Enjuagar el envase con el agua que se va a muestrear tres veces antes de ser recolectada.

- Recolectar una muestra de 500 ml de agua, asegurándose que el envase no se llene completamente permitiendo la refrigeración de la muestra.
- Adicionar el preservante: El compuesto químico utilizado es el ácido nítrico, necesario para la estabilización de la muestra. Esto permite bajar el pH de la muestra entre 1 a 2, permitiendo la conservación del arsénico y hierro para su determinación.
- Refrigerar la muestra: Las muestras se deben almacenar a temperaturas bajas que permitan su conservación y eviten alteraciones. En este caso se debe refrigerar entre 2 °C a 5 °C.
- Rotular los frascos: Las muestras deben estar bien diferenciadas de tal manera que no se pierda la secuencia de la toma de muestra y que ayuden a una correcta interpretación de los resultados. Cada muestra debe contener su respectivo código, marcado de manera clara y legible y con tinta permanente.

Tabla 9. Requerimientos para la toma de muestras de agua.

Parámetro	Volumen mínimo de muestra	Envases	Preservante	Recolección
Arsénico	500 ml	Vidrio, plástico o vidrio borosilicatado	Ácido Nítrico	Enjuagar el envase tres veces con el agua que va a ser muestreada, añadir de 6 a 8 gotas de ácido nítrico (hasta tener un pH entre 1-2) y cerrar bien.
Hierro	100 ml	Vidrio, plástico o vidrio borosilicatado	Ácido Nítrico	Enjuagar el envase tres veces con el agua que va a ser muestreada, añadir de 6 a 8 gotas de ácido nítrico (hasta tener un pH entre 1-2) y cerrar bien.

10.4.4.1.2. Toma de la Muestra de lodos.

Las muestras de lodo se recolectaron para determinar el nivel de concentración de arsénico y hierro que se sedimentan al fondo del reservorio de agua. Para la toma de dichas muestras se

utilizó el método establecido por la NTE INEN-ISO 5667-3, en su Parte 12 que indica la Guía para el muestreo de sedimentos de fondo.

10.4.4.2. Determinación del porcentaje de remoción de As y Fe.

Para determinar la eficiencia del sistema IFA con la combinación de las especies pasto vetiver y achira, se analizan los datos obtenidos en el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental – CICAM, tanto de las concentraciones iniciales como las finales de arsénico y hierro. Para ello se aplica la ecuación de porcentaje de remoción (de Jesus Gaffney et al., 2017).

$$\%R_N = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) * 100\%$$

Donde:

$\%R_N$ = Porcentaje de remoción del contaminante;

C_0 = Valor de concentración del parámetro inicial;

C_1 = Valor de concentración del parámetro final.

10.4.4.3. Límites Máximos Permisibles.

Para la comparación de los resultados de Arsénico y Hierro en el agua entregados por el laboratorio, se utilizó la Tabla 3 del Anexo 1 del Acuerdo Ministerial 097-A reforma al Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua, estableciendo así los Límites Máximos Permisibles para el agua de riego para uso agrícola (Tabla 4).

10.4.5. Influencia de los parámetros pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos para la remoción de arsénico y hierro

Para establecer la correlación entre los parámetros (pH, C.E, Temperatura y Fosfatos) con la disminución de arsénico y hierro en el agua, se utilizó el test de correlación de Pearson, permitiendo medir la relación estadística entre dos variables. Para esto se utilizó la siguiente ecuación:

$$r_{xy} = \frac{\sum Z_x Z_y}{N}$$

Donde:

r_{xy} = Coeficiente de correlación de Pearson.

X = Variable 1.

Y = Variable 2.

Zx = Desviación estándar de la variable 1.

Zy = Desviación estándar de la variable 2.

N = Número de datos.

10.4.5.1. Análisis de los resultados mediante ponderación.

Una vez se hayan analizado estadísticamente (Test de Pearson) cada uno de los parámetros, se comparó con la reducción en base a los días de instalación del sistema IFA. Se tomó en cuenta el porcentaje de remoción y el valor de la concentración de los parámetros Conductividad Eléctrica (C.E), pH, Temperatura y Fosfatos, generando así una matriz en la cual se valorizó mediante la siguiente ponderación: baja (0% al 20%), media (21% al 50%) y alta (51% a 100%).

La ponderación consiste en asignar peso (valor) a los datos obtenidos, para luego agruparlos dentro de una escala (Rojas, 2008). Para asignar esta ponderación, el investigador debe tomar una decisión debido a que se deben contemplar diferentes criterios para su elaboración.

10.4.5.2. Regresión lineal de los parámetros vs la concentración de As y Fe.

Se realizó una regresión lineal entre la remoción de los contaminantes (As y Fe) y los parámetros obtenidos (pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos), esto con el fin de conocer el comportamiento de la remoción de los contaminantes en relación a las variables. Para ello se graficaron los datos con la ayuda del software informático Excel. Una vez obtenido el gráfico se agregó la línea de tendencia, específicamente la polinómica, debido a que es la que mejor se ajustaba a los datos. Posteriormente, se agregó el valor de R cuadrado del gráfico con el fin de conocer la correlación entre las variables. Por último, se insertó la ecuación del gráfico para poder calcular el valor de la remoción de As y Fe conforme cambien los demás parámetros.

10.4.6. Identificación de la especie de arsénico (As) y hierro (Fe) que se remueve con el sistema IFA

Para definir el tipo de especie de los contaminantes (arsénico y hierro) que se encuentran en el tanque reservorio de la Quebrada de Tiliche, se utilizaron fuentes bibliográficas. El tipo de especie de As se encontró utilizando el parámetro pH. Los valores de este parámetro se correlacionan con los resultados obtenidos (As) y las características ambientales donde permanecen las diferentes especies de As.

En función del valor de pH, el arsénico se puede encontrar en diferentes formas, como se ve en la Tabla 10.

Tabla 10. Especies de As según su pH.

pH	0-9	10-12	13	14
As ³⁺	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₃ ⁻	H ₃ AsO ₃ ²⁻	AsO ₃ ³⁻
pH	0-2	3-6	7-11	12-14
As ⁵⁺	H ₃ AsO ₄	H ₃ AsO ₄ ⁻	H ₃ AsO ₄ ²⁻	AsO ₄ ³⁻

Fuente: Sanz & Martínez, (2015).

En el caso del Fe, su especiación se determina según su época climática, donde el Fe (II) aparece en las Avenidas y el Fe (III) en Estiaje. Determinando así el tipo de Fe según la precipitación de la zona de estudio.

10.4.6.1. Análisis de resultados mediante ponderación.

Una vez establecidas las características donde se desarrollan las especies de As y Fe, se determinó la relación existente entre el tipo de especie que se encuentra en predominancia y la disminución de arsénico y hierro. Con esto se genera información importante para el desarrollo de futuras investigaciones.

A los valores superiores al 25% de remoción se los ponderó como alta relación, mientras que a los valores inferiores a 24.99% como baja relación.

10.4.7. Disposición Final del Sistema de Islas Flotantes Artificiales IFA

10.4.7.1. Disposición Final de la matriz flotante.

La matriz flotante construida con los tubos PVC y materiales de alta durabilidad fue donada a los pobladores de la comuna Planchaloma para su disposición y posterior instalación con el recambio de las especies, optimizando así recursos y reciclando una vez más los materiales.

10.4.7.2. Disposición Final del Material Vegetativo.

Para la recolección de las especies pasto vetiver y achira, una vez se hayan saturado de los contaminantes, se utilizará equipo de protección personal (EPP) adecuado para ubicarlas en fundas plásticas de color rojo (debido a que contienen materiales tóxicos). Posteriormente se sellarán para que el contenido no se escape. Al finalizar se rotulará correctamente la funda plástica para poder entregar los restos a un gestor ambiental.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. RESULTADOS

La ejecución del proyecto de investigación se desarrolló en cuatro etapas: Adaptación, Construcción del sistema IFA, Evaluación y Disposición Final del sistema IFA (estructura y material vegetativo), donde se determinaron los siguientes resultados.

11.1.1. Resultado del proceso de Adaptación de las especies

11.1.1.1. Pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*).

Para el desarrollo del proyecto de investigación se adquirió la especie pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) con una altura entre 30 a 40 cm. Fueron adquiridas de un vivero ubicado en el sector “El Limonal” en la vía a San Lorenzo, en las estribaciones occidentales de los Andes en la Provincia de Imbabura, misma que se encuentra a 954 m.s.n.m. Posteriormente fue trasladada al barrio El Tejar de la parroquia Aláquez del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi que tiene una altitud de 3080 m.s.n.m. El proceso de adaptación se realizó en dos fases: en el suelo y en el agua.

Tabla 11. Resultados de la adaptación en el suelo y en el agua de pasto vetiver.

Descripción	
Adaptación en el suelo	- La adaptación de la especie pasto vetiver en el suelo se realizó en un periodo de 2 meses. Los individuos se plantaron a una altitud similar a la del área de estudio en que sería ubicada (3548 m.s.n.m.).
	- La especie pasto vetiver llegó al sitio de adaptación con una tonalidad verde, sin embargo, en el proceso de adaptación se evidenció un cambio de tonalidad a amarillo en las dos primeras semanas. En la tercera semana se pudo observar brotes de un color morado-verde, demostrando la afectación por el cambio de ecosistema, ya que estuvieron sometidas a factores ambientales directos (temperaturas bajas, falta de precipitación y a la altitud) (Anexo 2, Ilustración 3).
Adaptación en el agua	- Para la adaptación de la especie vetiver en el sistema hidropónico se tomó 50 individuos por isla. Estos individuos fueron seleccionados tomando en cuenta el número de brotes existentes (2 a 3 brotes), y el tamaño radicular

(7cm a 10cm); para subsiguientemente ser ubicados en las estructuras del sistema IFA.

- La adaptación en el agua tuvo un periodo de dos semanas en el mismo tanque reservorio donde se efectuó el proyecto de investigación. En este periodo de tiempo se identificó el crecimiento radicular y el desarrollo de sus hojas con una coloración morada (Anexo 2, Ilustración 4).
-

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.1.2. Achira (*Canna indica*).

Para el desarrollo del proyecto de investigación se adquirió la especie achira (*Canna indica*) con una altura entre 15 a 40 cm de largo y un sistema radicular entre 8 a 15 cm de largo; adquiridas de un vivero ubicado en el barrio Santa Bárbara, de la parroquia San Buenaventura, del cantón Latacunga, de la provincia de Cotopaxi, a una elevación de 2805 m.s.n.m. Su adaptación se la realizó en el mismo lugar debido a la disponibilidad de superficie. El proceso adaptativo se llevó a cabo en dos fases: en el suelo y en el agua.

Tabla 12. Resultados de la adaptación en el suelo y en el agua de achira.

Descripción	
Adaptación en el suelo	- La adaptación de la especie achira se llevó a cabo en un periodo de dos meses. Los individuos fueron plantados a una altitud un poco más baja en comparación con la del área de estudio, sin embargo, se adaptó bien debido a que es una especie nativa de las estribaciones de los Andes.
	- La especie achira permaneció en el mismo lugar de su nacimiento, por lo cual contaba con un desarrollo radicular bueno y un crecimiento normal de tallo y hojas, permitiendo mantener un estado excelente en la fisionomía de las plantas (Anexo 2, Ilustración 5).
Adaptación en el agua	- Para la adaptación de la especie achira en el sistema hidropónico, se tomaron 36 individuos por isla. Estos individuos fueron seleccionados tomando en cuenta el número de brotes (1 a 2 brotes) existentes y el tamaño radicular (5cm a 10cm).
	- La adaptación en el agua se realizó en un periodo de dos semanas en el mismo tanque reservorio donde se efectuó el proyecto de investigación. Aquí se evidenció un correcto crecimiento radicular, así

como la pérdida de sus hojas y el crecimiento de nuevos brotes (Anexo 2, Ilustración 6).

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.2. Construcción del Sistema de Islas Artificiales IFA

11.1.2.1. Resultado de la Construcción de las Islas Flotantes Artificiales.

El esquema del sistema de Islas Flotantes Artificiales IFA, se realizó en el programa AutoCAD (Figura 1). Para la construcción e implementación en el tanque reservorio se siguió el procedimiento descrito en la metodología del proyecto de investigación. Cabe recalcar que el procedimiento se realizó 11 veces debido a que se instaló el 15% del área total del reservorio. En cada isla flotante artificial se ubicaron 50 individuos de pasto vetiver y 32 de achira.

El diseño y construcción del sistema de islas flotantes artificiales se lo realizó tomando en cuenta las dimensiones reales del área de estudio y la cantidad de individuos de las dos especies que conformaron el sistema IFA. Debido a esta razón, no se utilizaron los prototipos que se encuentran en proyectos de investigación ni en informes científicos.

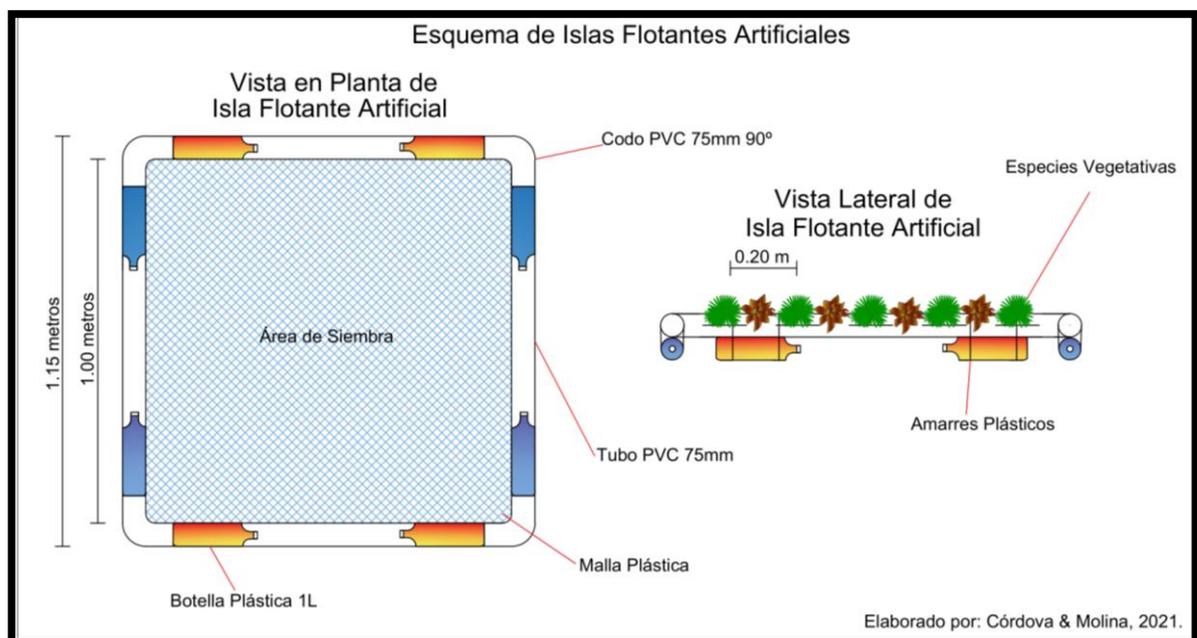


Figura 1. Esquema propuesto para la construcción de la IFA.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.2.2. Resultado de la identificación del tanque reservorio.

El sistema de Islas Flotantes Artificiales fue colocado en el tanque reservorio ubicado en la parroquia Toacaso, del Cantón Latacunga, en la Provincia de Cotopaxi. El reservorio de entrada

QT se encuentra localizado dentro del Complejo Volcánico Los Ilinizas (del cual recibe su agua), a una altitud de 3548 m.s.n.m. Dicho reservorio se divide en dos secciones, con un área total de 70.7 m^2 , una profundidad de 2.57 m y un volumen máximo de 181.25 m^3 . El reservorio de salida TS se encuentra localizado en la parroquia de Toacazo en el barrio Cuicuno a una altitud de 3113 m.s.n.m . Dicho reservorio tiene un área total de 881.91 m^2 , una profundidad de 2.2 m y un volumen de 1906.02 m^3 .

Ambas secciones del tanque están conectadas entre sí. El agua ingresa por la sección derecha y sale por la sección izquierda. Debido a esto, las IFAs se ubicaron en la parte derecha y las muestras de agua fueron recolectadas del mismo sitio. El esquema del tanque reservorio se muestra en la Figura 2.

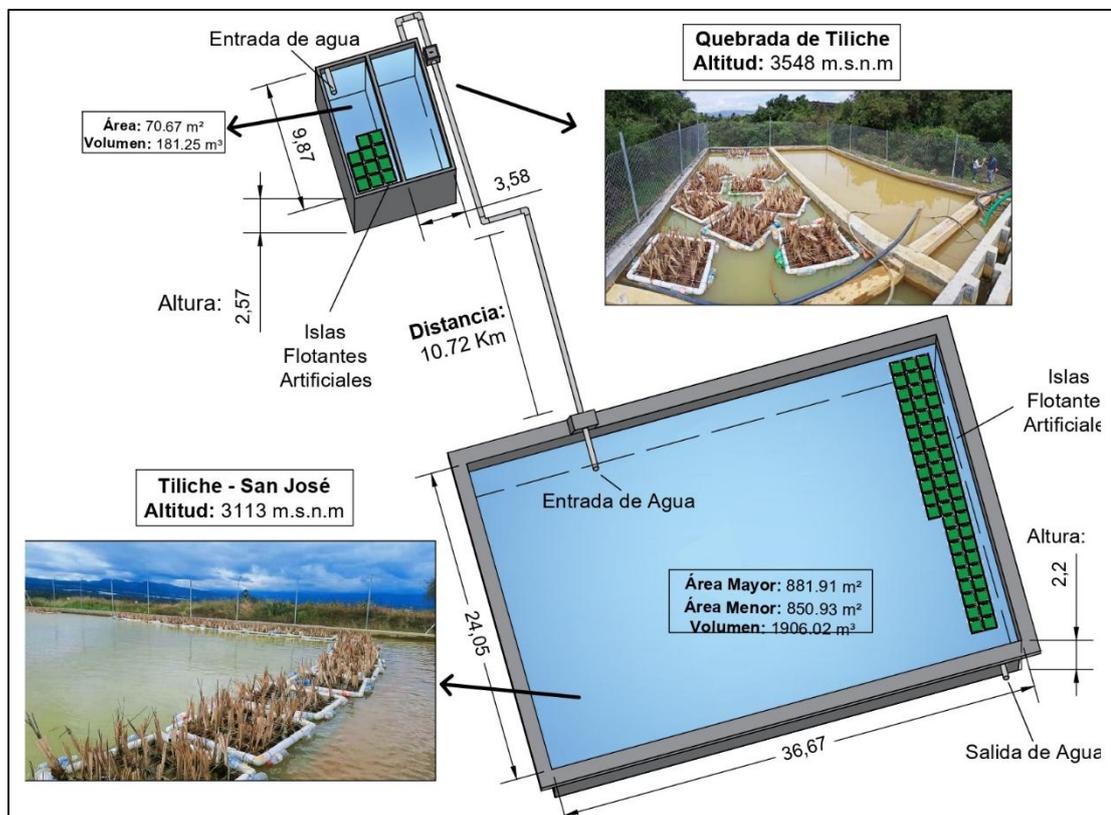


Figura 2. Esquema del tanque reservorio con sistema IFA implementado.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.3. Evaluación

11.1.3.1. Resultados de los muestreos.

11.1.3.1.1. Análisis de los resultados de las muestras de agua tomadas en Los Ilinizas.

Siguiendo el protocolo de muestreo descrito en la metodología, se tomó una muestra de agua y una de sedimentos en la naciente de Los Ilinizas para conocer las concentraciones del agua que ingresa al reservorio. Las muestras fueron entregadas al Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental – CICAM para el análisis de Fe y As. Los resultados se presentan en la Tabla 13.

Tabla 13. Resultados de las muestras tomadas en la naciente de los Ilinizas.

RESULTADOS AGUA			
Código	Parámetro	Concentración (mg/L)	L.M.P (mg/L)
X-01	Arsénico Total	3.07	0.1
	Hierro Total	9.76	5.0
RESULTADOS SEDIMENTOS			
Código	Parámetro	Concentración (mg/kg)	L.M.P (mg/kg)
Y-01	Arsénico Total	9228.08	5.9
	Hierro Total	35028.68	0.05

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Los resultados del análisis de agua de la muestra tomada en Los Ilinizas indican que la concentración de As es 30 veces superior a la establecida en los Límites Máximos Permisibles para agua de riego. El Fe, de la misma manera, presenta valores superiores a los Límites Máximos Permisibles, revelando que el agua que ingresa en el reservorio no es apta para el riego. Existe sedimentación en el curso de agua de la naciente de los Ilinizas, obteniendo un valor de 9228.08 mg.kg⁻¹ de As y 35028.68 mg.kg⁻¹ de Fe.

11.1.3.1.2. Comportamiento de los sedimentos en el Sistema de Riego Tiliche - San José.

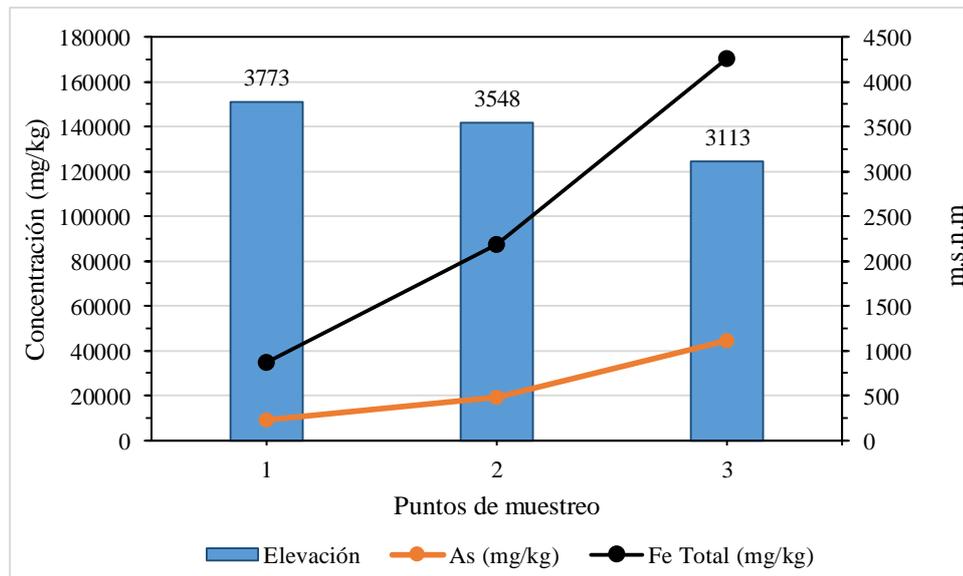
Siguiendo el protocolo descrito en la metodología, se procedió a la toma de muestras de los sedimentos del sistema de riego Tiliche San José en tres puntos fijos. El primero se tomó en su origen (vertiente de Los Ilinizas), el segundo en el tanque de la Quebrada de Tiliche y el tercero en el tanque de Tiliche San José. Los resultados obtenidos fueron utilizados para conocer el comportamiento del arsénico y hierro en el ciclo de los contaminantes (Tabla 14).

Tabla 14. Resultados de los muestreos de sedimentos en As y Fe.

Muestra	Coordenadas UTM		Altitud	As (mg/kg)	L.M.P. As (mg/kg)	Fe Total (mg/kg)	L.M.P. Fe (mg/kg)
	(17 M)						
	X	Y					
Y-01	752773.87	9921951.85	3773	9228.08		35028.68	
D-01	752053.00	9919800.00	3548	19273.00	5.9	87240.00	0.5
B-01	759674.96	9912242.39	3113	44354.00		170200.00	

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Los resultados obtenidos en el muestreo de sedimentos en los tres puntos estratégicos arrojaron concentraciones 100 veces superiores a lo que establece la normativa internacional. En la American Petroleum Institute, para hierro total se establece un Límite Máximo Permissible de 0.05 mg.kg⁻¹. Para arsénico, la Norma Oficial Mexicana 147-SEMARNAT/SSA1-2004 establece un Límite Máximo Permissible de 5.9 mg.kg⁻¹. Se observa un incremento en las concentraciones a medida que baja la altitud, debido a que los tanques reservorios TS y QT funcionan como sedimentadores. Esto se debe al gran arrastre de sedimentos que se da en la zona superior, comprometiendo de esta manera la calidad del agua que ingresa al sistema de riego Tiliche San José (Figura 3).

**Figura 3.** Comportamiento de los sedimentos en el sistema de riego Tiliche San José.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.3.1.3. Análisis de los resultados de las muestras de agua.

Se realizó el monitoreo de las fuentes de agua que alimentan al proyecto de riego “Quebrada de Tiliche” en el barrio Planchaloma, parroquia Toacaso; misma que se utilizó para el desarrollo del proyecto de investigación durante cuatro meses (Mayo, Junio, Julio y Agosto). De la misma manera se monitoreó la fuente de salida del proyecto de riego “Tiliche – San José”.

Una vez establecida el área de estudio e instalado el sistema IFA, se realizó la toma de muestras siguiendo el protocolo de muestreo descrito en la metodología. Posteriormente se entregó al laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM para su respectivo análisis.

Con los datos entregados por el laboratorio, se determinó el porcentaje de remoción entre la fuente de entrada y salida. Los resultados se presentan en la Tabla 15.

Tabla 15. Resultados de los muestreos de agua As.

Número de muestreo	Código Entrada	Nº de Día	As Conc. (mg.L ⁻¹)	Código Salida	As Conc. (mg.L ⁻¹)	L.M.P (mg.L ⁻¹)	Tasa de Eliminación %
1	C-01 a C-04	1	1.09	A-01 a A-04	0.83	0.1	23.85
2	C-05	8	2.98	A-08	2.24	0.1	24.83
3	C-06	16	5.86	A-09	0.93	0.1	84.13
4	C-07	24	1.1	A-10	0.91	0.1	17.27
5	C-08	32	1.35	A-11	0.92	0.1	31.85
6	C-09	40	0.58	A-12	1.21	0.1	0.00
7	C-10	48	1.38	A-13	1.3	0.1	5.80
8	C-11	56	1.9	A-14	1.42	0.1	25.26
9	C-12	64	1.74	A-15	1.32	0.1	24.14
10	C-13	72	1.86	A-16	1.47	0.1	20.97
11	C-14	80	2.29	A-17	1.2	0.1	47.60
12	C-15	88	1.64	A-18	1.36	0.1	17.07

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

En la Figura 4 numeral b) se puede observar una disminución progresiva de la concentración de arsénico. En el numeral a) se muestra el porcentaje de remoción, con una media de 26.9%

por cada muestreo. Sin embargo, es necesario aclarar que el tanque reservorio de la zona de estudio es de flujo continuo, provocando que la concentración de arsénico en el agua sea constante. Además, hay que aclarar que los valores se disparan en los días 8 y 16 debido a la gran cantidad de lluvia que ocasionó el arrastre de sedimentos (Tabla 15) de la zona alta a la bocatoma (tanque QT), ocasionando que los valores de As se salgan del valor medio.

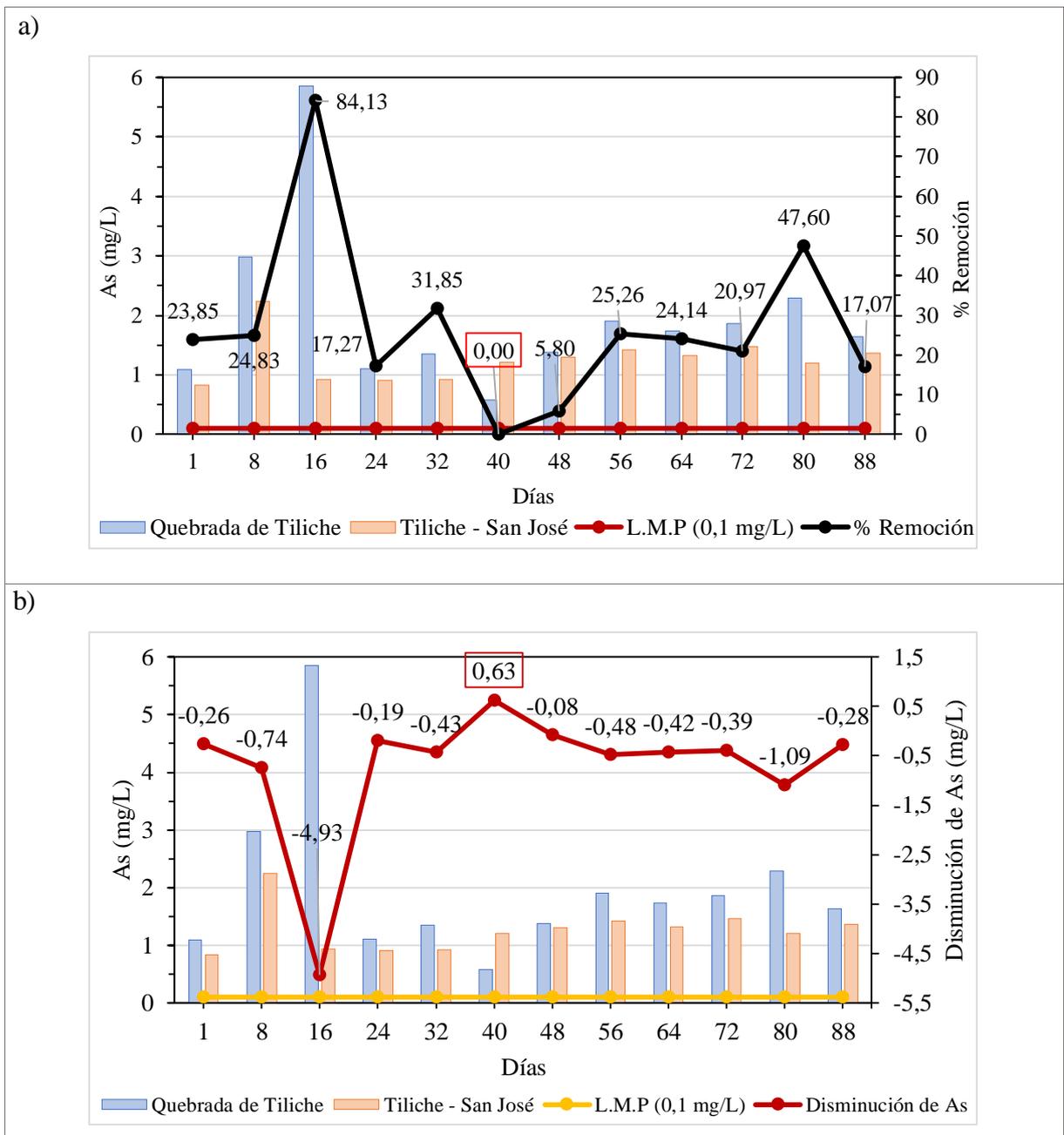


Figura 4. a) Porcentaje de remoción de arsénico del agua, b) Disminución de la concentración de arsénico en el agua.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Se tomaron un total de 15 muestras de agua (Tabla 15), de las cuales 4 sirvieron para determinar el valor medio de la concentración de arsénico en los tanques reservorios, además este resultado

se toma como valor base. En el muestreo 1 (día 1) se determinó el valor promedio inicial sin IFA (entrada) con un valor de 1.09 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 0.83 mg.L^{-1} de As obteniendo un 23.83% de remoción. En el muestreo 2 (día 8) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 2.98 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 2.24 mg.L^{-1} de As obteniendo un 24.83% de remoción. En el muestreo 3 (día 16) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 5.86 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 0.93 mg.L^{-1} de As obteniendo un 84.13% de remoción. En el muestreo 4 (día 24) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.10 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 0.91 mg.L^{-1} de As obteniendo un 17.27% de remoción. En el muestreo 5 (día 32) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.35 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 0.92 mg.L^{-1} de As obteniendo un 31.85% de remoción. En el muestreo 6 (día 40) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.58 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.21 mg.L^{-1} de As obteniendo un 0% de remoción. En el muestreo 7 (día 48) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.38 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.3 mg.L^{-1} de As obteniendo un 5.80% de remoción. En el muestreo 8 (día 56) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.90 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.42 mg.L^{-1} de As obteniendo un 25.26% de remoción. En el muestreo 9 (día 64) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.74 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.32 mg.L^{-1} de As obteniendo un 24.14% de remoción. En el muestreo 10 (día 72) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.86 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.47 mg.L^{-1} de As obteniendo un 20.97% de remoción. En el muestreo 11 (día 80) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 2.29 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.2 mg.L^{-1} de As obteniendo un 47.6% de remoción. En el muestreo 12 (día 88) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 1.64 mg.L^{-1} de As con una concentración final (salida) de 1.36 mg.L^{-1} de As obteniendo un 17.07% de remoción. La efectividad de la combinación pasto vetiver y achira en la remoción de arsénico tuvo una efectividad del 26.90% tomando en cuenta que se instaló el 15% del total del área.

Tabla 16. Resultados de los muestreos de agua Fe.

Número de muestreo	Código Entrada	Nº de Día	Fe Conc. (mg.L ⁻¹)	Código Salida	Fe Conc. (mg.L ⁻¹)	L.M.P (mg.L ⁻¹)	Tasa de Eliminación %
1	C-01 a C-04	0	3.74	A-01 a A-04	1.85	5	50.47
2	C-05	8	10.86	A-08	6.84	5	37.02
3	C-06	16	18.13	A-09	2.93	5	83.84
4	C-07	24	2.6	A-10	2.44	5	6.15
5	C-08	32	4.37	A-11	2.16	5	50.57
6	C-09	40	2.17	A-12	3.77	5	0
7	C-10	48	4.53	A-13	3.75	5	17.22
8	C-11	56	6.28	A-14	4.15	5	33.92
9	C-12	64	5.47	A-15	3.78	5	30.9
10	C-13	72	5.95	A-16	3.65	5	38.66
11	C-14	80	5.81	A-17	3.23	5	44.41
12	C-15	88	5.89	A-18	4	5	32.09

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

En la Figura 5 numeral b) se puede observar una disminución progresiva de la concentración de hierro. En el numeral a) se muestra el porcentaje de remoción, con una media de 35.44% por cada muestreo. Sin embargo, es necesario aclarar que el tanque reservorio de la zona de estudio es de flujo continuo, provocando que la concentración de arsénico en el agua sea constante. Además, hay que aclarar que los valores se disparan en los días 8 y 16 debido a la gran cantidad de lluvia que ocasionó el arrastre de sedimentos (Tabla 16) de la zona alta a la bocatoma (tanque QT), ocasionando que los valores de Fe se salgan del valor medio.

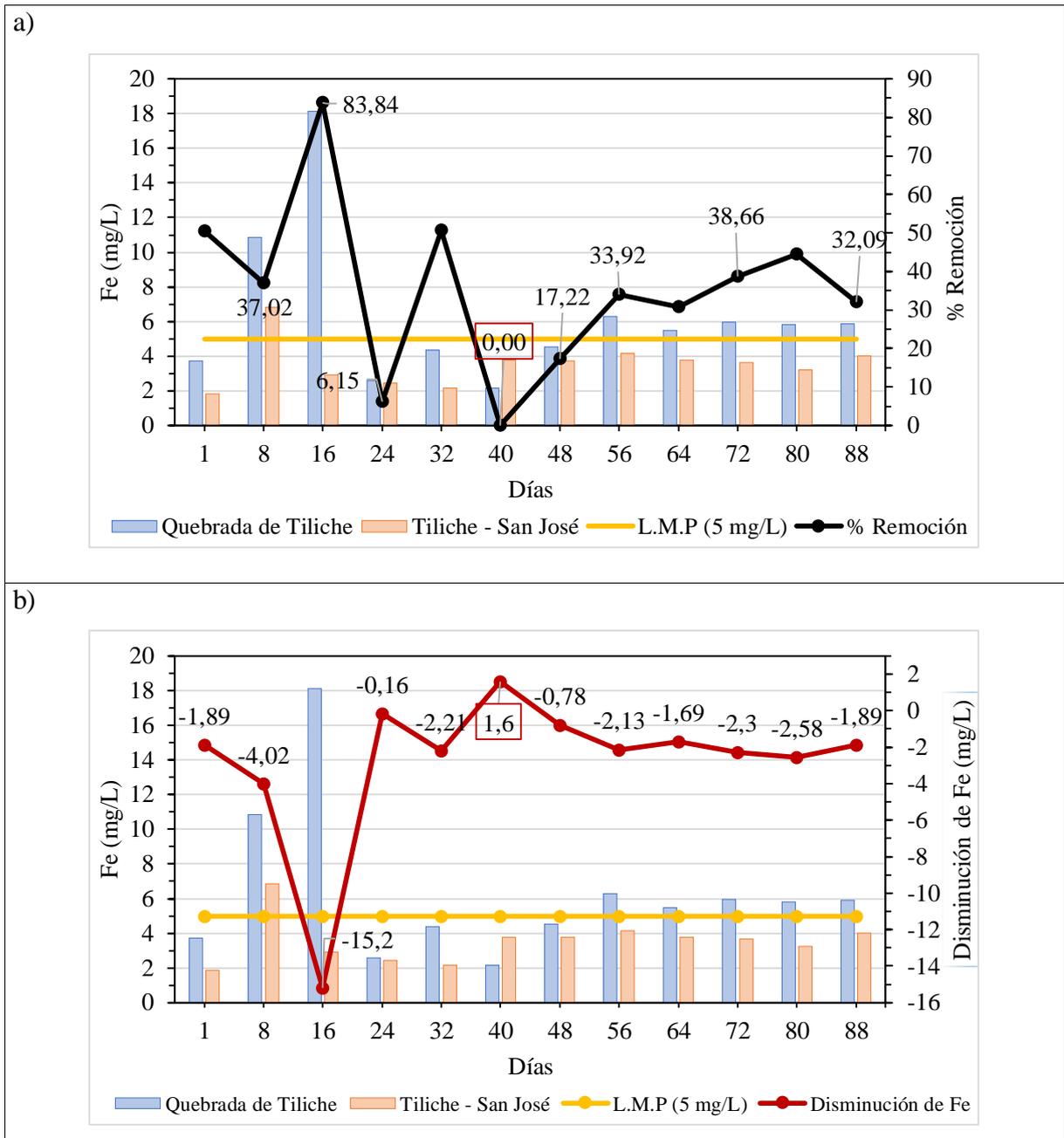


Figura 5. a) Porcentaje de remoción de hierro del agua, b) Disminución de la concentración de hierro en el agua.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Se tomaron un total de 15 muestras de agua (Tabla 16), de las cuales 4 sirvieron para determinar el valor medio de la concentración de arsénico en el tanque reservorio, además este resultado se toma como valor base. En el muestreo 1 (día 1) se determinó el valor promedio inicial sin IFA (entrada) con un valor de 3.73 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 1.85 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 50.53% de remoción. En el muestreo 2 (día 8) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 10.86 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 6.84 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 37.02% de remoción. En el muestreo 3 (día

16) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 18.13 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 2.93 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 83.84% de remoción. En el muestreo 4 (día 24) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 2.6 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 2.44 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 6.15% de remoción. En el muestreo 5 (día 32) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 4.37 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 2.16 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 50.57% de remoción. En el muestreo 6 (día 40) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 2.17 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 3.77 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 0.00% de remoción. En el muestreo 7 (día 48) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 4.53 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 3.75 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 17.22% de remoción. En el muestreo 8 (día 56) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 6.28 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 4.15 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 33.92% de remoción. En el muestreo 9 (día 64) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 5.47 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 3.78 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 30.90% de remoción. En el muestreo 10 (día 72) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 5.95 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 3.65 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 38.66% de remoción. En el muestreo 11 (día 80) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 5.81 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 3.23 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 44.41% de remoción. En el muestreo 12 (día 88) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 5.89 mg.L^{-1} de Fe con una concentración final (salida) de 4.0 mg.L^{-1} de Fe obteniendo un 32.09% de remoción. La efectividad de la combinación pasto vetiver y achira en la remoción de hierro tuvo una efectividad del 35.44% tomando en cuenta que se instaló el 15% del total del área.

11.1.4. Influencia de los parámetros en la remoción de los contaminantes del agua

Se tomaron los resultados de las 22 muestras de agua recolectadas con el sistema IFA instalado (11 del reservorio Quebrada de Tiliche y 11 del Reservorio Tiliche – San José). El periodo de experimentación con las IFAs dentro de los reservorios duró 2 meses y medio (77 días). Estos resultados de As y Fe se compararon con los parámetros de pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos.

11.1.4.1. Influencia en la remoción del arsénico del agua.

Los parámetros pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos fueron tomados in situ, al momento de recolectar las muestras para As y Fe. Estos resultados fueron apuntados con fecha y hora en la libreta de campo. La correlación entre los parámetros y los contaminantes indicarán la influencia que tiene sobre la disminución de As en el agua.

11.1.4.1.1. Influencia del pH.

El coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de pH y As en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de 0.031, equivalente al 0.10% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de pH y As en el reservorio de Tiliche – San José fue de -0.098, equivalente al 0.98% de correlación.

En la Figura 6 se puede observar el comportamiento del pH y de la concentración de As del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

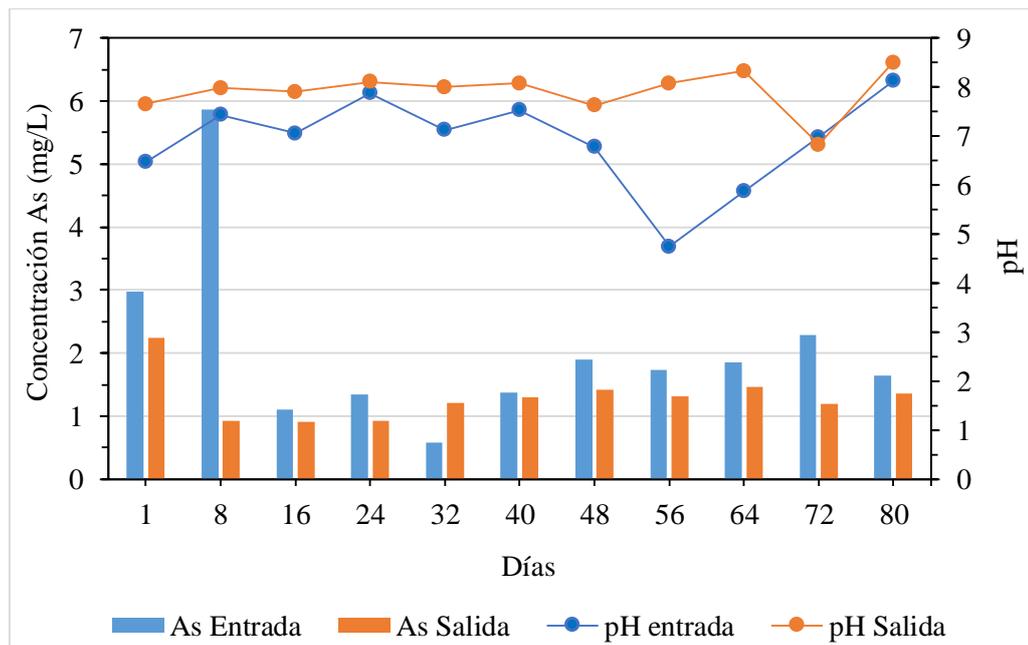


Figura 6. Relación entre pH y concentración de As

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El coeficiente de Pearson nos indica que el pH y la concentración de As tienen una correlación directa baja en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación inversa baja. Por lo que en ningún reservorio se evidenció que la concentración del As y el pH tienen relación.

11.1.4.1.1.1. Ponderación de resultados de influencia de pH en la remoción de As.

En la tabla 17 se pudo observar que la influencia del pH en la disminución de As en el agua de la zona de estudio es nula, ya que no posee correlación. Debido a que la mayor remoción se la observó en el día 16, donde el pH muestra un valor de 7.43, equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 7 días, donde pH muestra valores entre 4.75 a 7.88 equivalente al 58.33% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 4 días restantes, donde el pH muestra valores entre 6.78 a 7.53, equivalente al 33.33% del total de los datos. Por lo tanto, no existe relación entre este parámetro y la disminución de As.

Tabla 17. Influencia del pH en la disminución del arsénico.

Arsénico						
N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro	Parámetro 0 - 14	Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida				
1	1.09	0.83	pH	6.71	23.85	Media
8	2.98	2.24	pH	6.47	24.83	Media
16	5.86	0.93	pH	7.43	84.13	Alta
24	1.1	0.91	pH	7.05	17.27	Baja
32	1.35	0.92	pH	7.88	31.85	Media
40	0.58	1.21	pH	7.13	0.00	Baja
48	1.38	1.3	pH	7.53	5.80	Baja
56	1.9	1.42	pH	6.78	25.26	Media
64	174	1.32	pH	4.75	24.14	Media
72	1.86	1.47	pH	5.88	20.97	Media
80	2.29	1.2	pH	6.98	47.60	Media
88	1.64	1.36	pH	6,78	17.07	Baja

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es nula entre la influencia del pH en la remoción de As en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación para comprobar la variabilidad de los datos (Figura 7), dando r cuadrado un valor de 0.042, representando el 4.2% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre el pH y la remoción de As en el agua. Verificando que el pH no tiene ninguna influencia en la remoción de As.

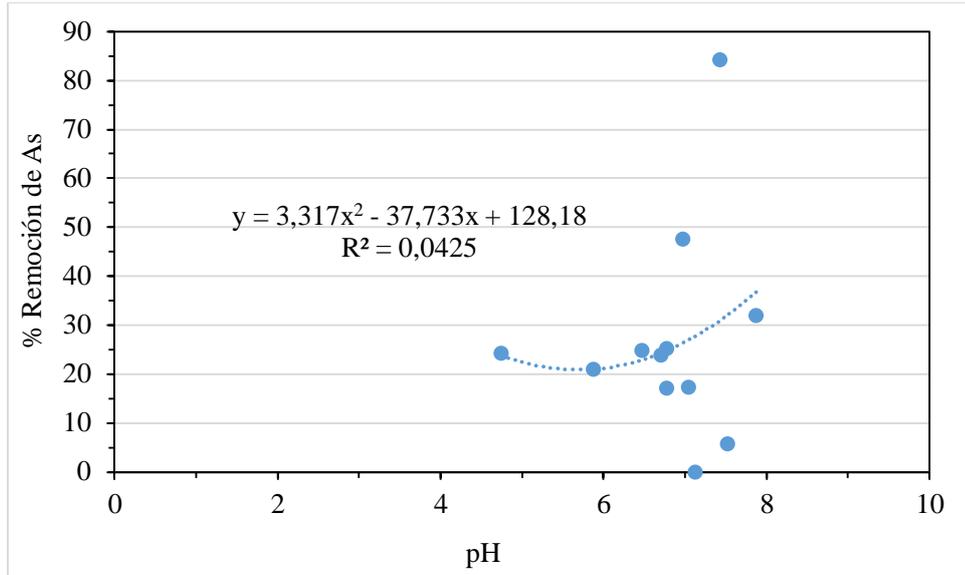


Figura 7. Regresión lineal de pH y la remoción de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.1.2. Influencia de la Conductividad Eléctrica.

El valor del coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de conductividad eléctrica y As en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de -0.55, equivalente al 30.63% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de conductividad eléctrica y As en el reservorio de Tiliche – San José fue de -0.03, equivalente al 0.09% de correlación.

En la Figura 8 se puede observar el comportamiento de la C.E y de la concentración de As del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

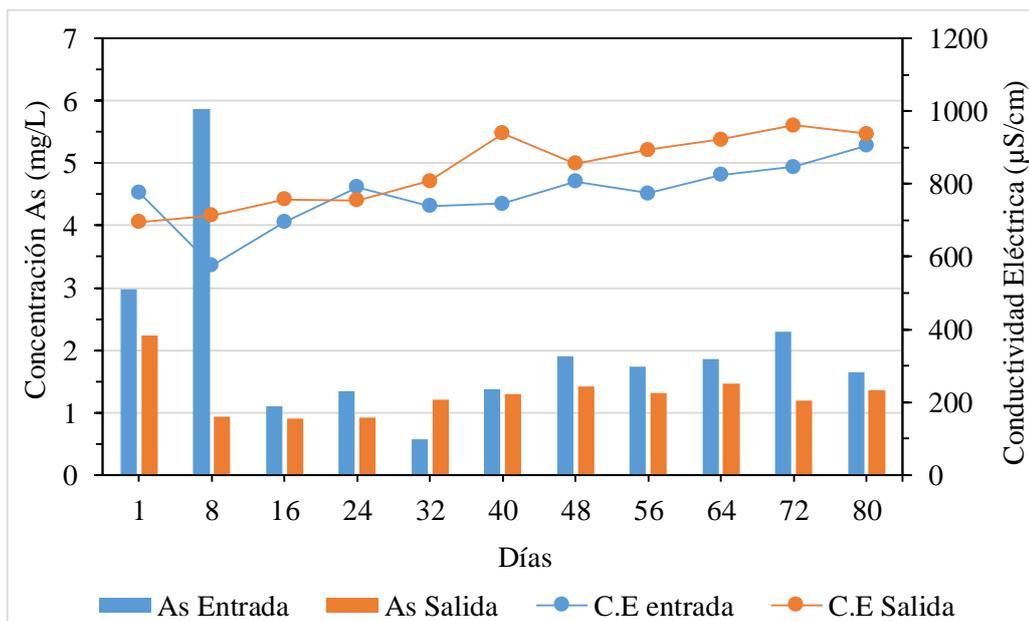


Figura 8. Relación entre Conductividad Eléctrica y concentración de As

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El coeficiente de Pearson nos indica que la C.E y la concentración de As tienen una correlación inversa media en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación inversa baja. Por lo que, solo en el reservorio de la parte alta se evidenció relación inversamente proporcional entre la C.E y la concentración de As.

11.1.4.1.2.1. Ponderación de resultados de influencia de conductividad eléctrica en la remoción de As.

En la tabla 18 se pudo observar la influencia de la conductividad eléctrica de una manera inversamente proporcional con la disminución de As en el agua de la zona de estudio, ya que la mayor remoción se la observó en el día 16, donde la conductividad eléctrica mostró la menor concentración entre 576.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 730 $\mu\text{S}/\text{cm}$ equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 7 días, donde la concentración de la conductividad eléctrica mantenía valores entre los 738 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y los 848 $\mu\text{S}/\text{cm}$ equivalente al 58.33% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 4 días restantes, donde la concentración de la conductividad eléctrica mantenía valores superiores a los 694 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a los 738 $\mu\text{S}/\text{cm}$, equivalente al 33.33% del total de los datos.

Tabla 18. Influencia de la Conductividad Eléctrica en la disminución del arsénico.

N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Valor		
				($\mu\text{S}/\text{cm}$)		
1	1.09	0.83	C.E	738.81	23.85	Media
8	2.98	2.24	C.E	776.67	24.83	Media
16	5.86	0.93	C.E	576.50	84.13	Alta
24	1.1	0.91	C.E	694.75	17.27	Baja
32	1.35	0.92	C.E	790.50	31.85	Media
40	0.58	1.21	C.E	739.50	0.00	Baja
48	1.38	1.3	C.E	746.00	5.80	Baja
56	1.9	1.42	C.E	807.25	25.26	Media
64	1.74	1.32	C.E	774.50	24.14	Media
72	1.86	1.47	C.E	824.75	20.97	Media
80	2.29	1.2	C.E	847.25	47.60	Media
88	1.64	1.36	C.E	756.04	17.07	Baja

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es inversamente proporcional entre la influencia de la conductividad eléctrica en la remoción de As en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación, la cual muestra la remoción inversamente proporcional (Figura 9), dando r cuadrado un valor de 0.854, representando el 85.4% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre la conductividad eléctrica y la remoción de As en el agua. Verificando que la conductividad eléctrica si tiene influencia en la remoción de As.

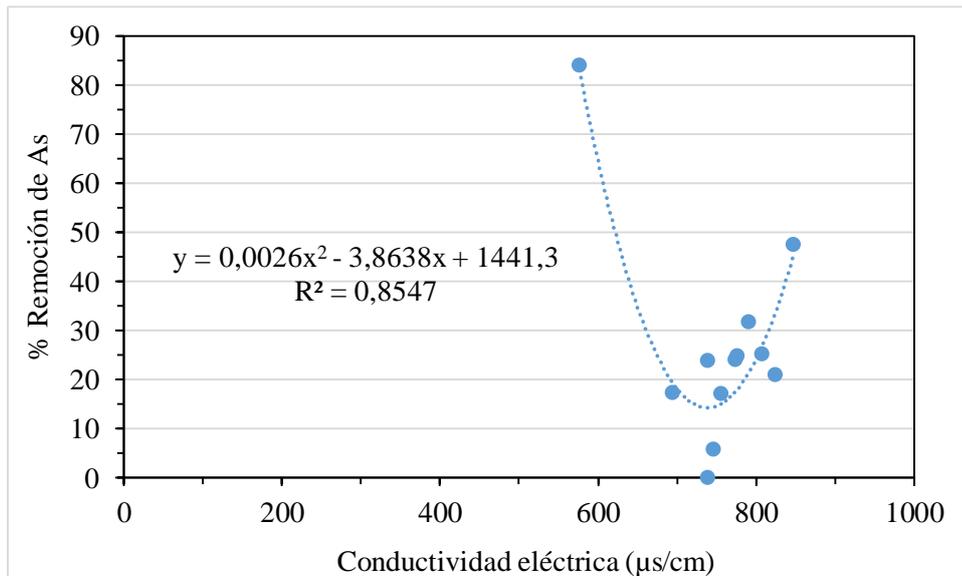


Figura 9. Regresión lineal de C.E y la remoción de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.1.3. Influencia de la Temperatura.

El coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de temperatura y As en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de 0.55, equivalente al 30.04% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de temperatura y As en el reservorio de Tiliche – San José fue de -0.16, equivalente al 2.50% de correlación.

En la Figura 10 se puede observar el comportamiento de la temperatura y de la concentración de As del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

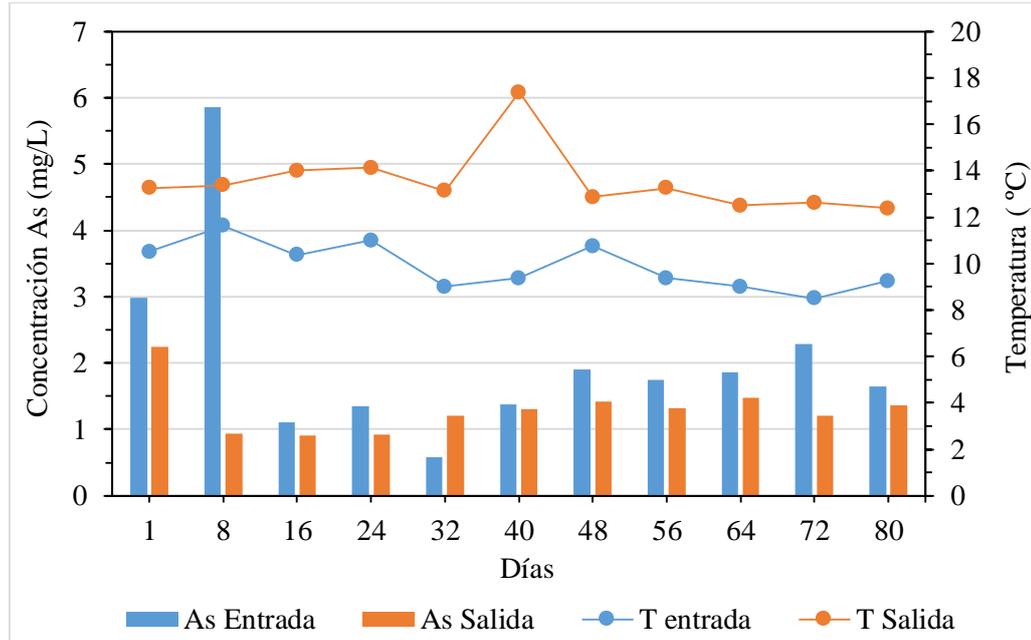


Figura 10. Relación entre temperatura y concentración de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El coeficiente de Pearson nos indica que la temperatura y la concentración de As tienen una correlación directa media en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación inversa baja. Por lo que, solo en el reservorio de la parte alta se evidenció relación directamente proporcional entre la temperatura y la concentración de As.

11.1.4.1.3.1. Ponderación de resultados de influencia de temperatura en la remoción de As.

En la tabla 19 se pudo observar la influencia de la temperatura de una manera directamente proporcional con la disminución de As en el agua de la zona de estudio, ya que la mayor remoción se la observó en el día 16, donde la temperatura mostró un máximo entre 11.63 °C a 10.8 °C equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 7 días, donde la temperatura varía entre los 9.38 °C a los 10.75 °C, equivalente al 58.33% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 4 días restantes, donde la temperatura mantenía entre los 9 °C a los 9.97 °C, equivalente al 33.33% del total de los datos.

Tabla 19. Influencia de la Temperatura en la disminución del arsénico.

Arsénico						
N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Valor (°C)		
1	1.09	0.83	Temperatura	10.19	23.85	Media
8	2.98	2.24	Temperatura	10.50	24.83	Media
16	5.86	0.93	Temperatura	11.63	84.13	Alta
24	1.1	0.91	Temperatura	10.38	17.27	Baja
32	1.35	0.92	Temperatura	11.00	31.85	Media
40	0.58	1.21	Temperatura	9.00	0.00	Baja
48	1.38	1.3	Temperatura	9.38	5.80	Baja
56	1.9	1.42	Temperatura	10.75	25.26	Media
64	174	1.32	Temperatura	9.38	24.14	Media
72	1.86	1.47	Temperatura	9.00	20.97	Media
80	2.29	1.2	Temperatura	8.50	47.60	Media
88	1.64	1.36	Temperatura	9.97	17.07	Baja

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es directamente proporcional entre la influencia de la temperatura en la remoción de As en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación, la cual muestra la remoción directamente proporcional (Figura 11), dando r cuadrado un valor de 0.818, representando el 81.8% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre la temperatura y la remoción de As en el agua. Verificando que la temperatura si tiene influencia en la remoción de As.

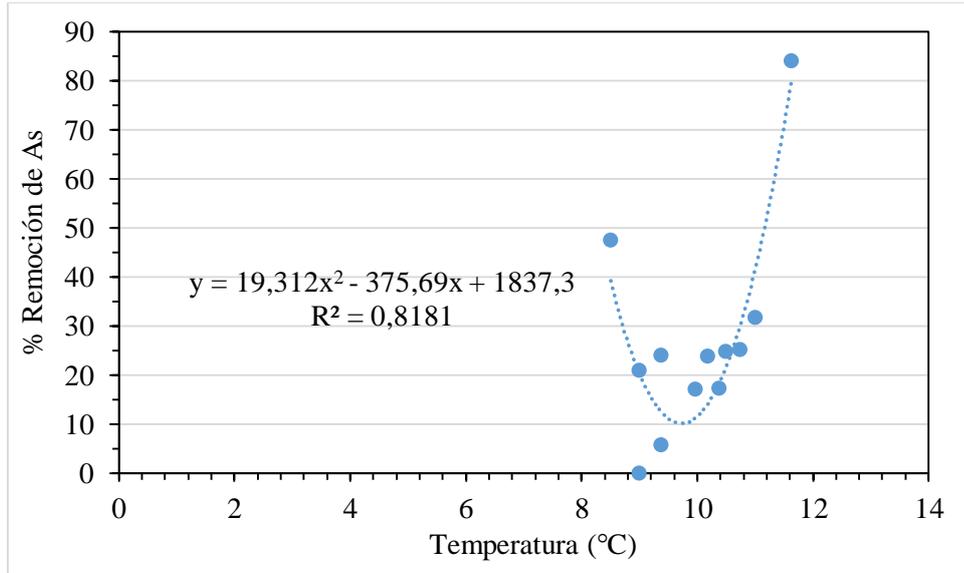


Figura 11. Regresión lineal de temperatura y la remoción de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.1.4. Influencia de los Fosfatos.

El coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de fosfatos y As en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de -0.17, equivalente al 3.05% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de fosfatos y As en el reservorio de Tiliche – San José fue de 0.55, equivalente al 30.49% de correlación.

En la Figura 12 se puede observar el comportamiento de los fosfatos y de la concentración de As del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

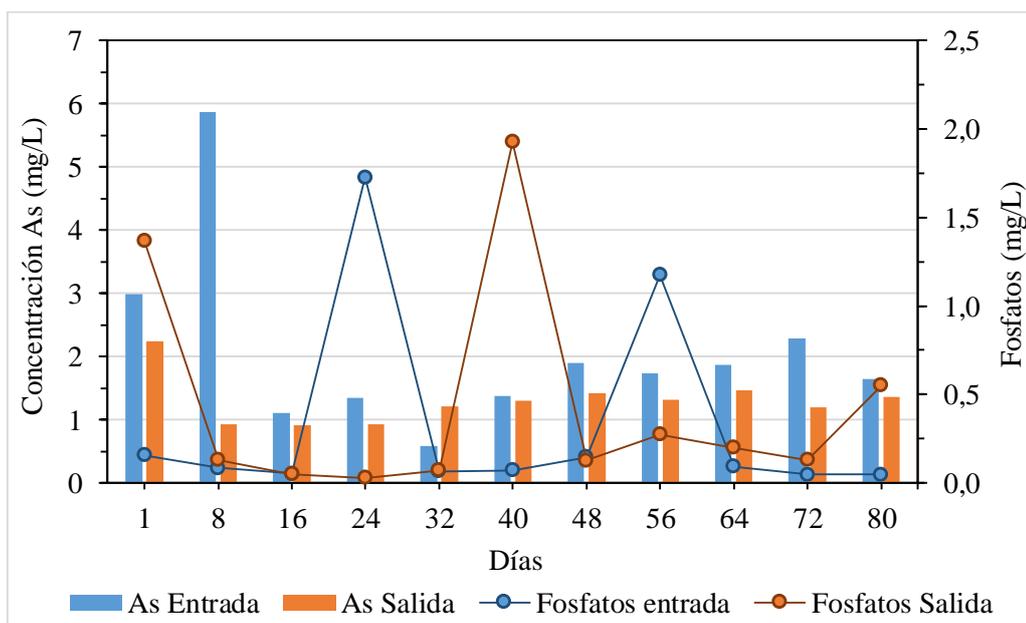


Figura 12. Relación entre Fosfatos y concentración de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Según el coeficiente de Pearson, los fosfatos y la concentración de As tienen una correlación inversa baja en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación directa media. Por lo que, solo en el reservorio de la parte baja se evidenció relación directamente proporcional entre los fosfatos y la concentración de As.

11.1.4.1.4.1. Ponderación de resultados de influencia de fosfatos en la remoción de As.

En la tabla 20 se pudo observar que la influencia de los fosfatos en la disminución de As en el agua de la zona de estudio es nula, ya que no posee correlación, la mayor remoción se observó en el día 16 donde los fosfatos mostraron la mayor concentración 0.8 mg/L equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 7 días, donde la concentración de los fosfatos mantenía valores superiores a los 0.05 mg/L, equivalente al 58.33% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 4 días restantes, donde la concentración de los fosfatos mantenía valores superiores a los 0.09 mg/L, equivalente al 33.33% del total de los datos. Debido a que no es posible establecer rangos para su clasificación, se determinó que los fosfatos no intervienen en la disminución del As en el agua.

Tabla 20. Influencia de los Fosfatos en la disminución del arsénico.

N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Valor		
				(mg/L)		
1	1.09	0.83	Fosfatos	0.13	23.85	Media
8	2.98	2.24	Fosfatos	0.16	24.83	Media
16	5.86	0.93	Fosfatos	0.08	84.13	Alta
24	1.1	0.91	Fosfatos	0.05	17.27	Baja
32	1.35	0.92	Fosfatos	1.73	31.85	Media
40	0.58	1.21	Fosfatos	0.07	0.00	Baja
48	1.38	1.3	Fosfatos	0.07	5.80	Baja
56	1.9	1.42	Fosfatos	0.15	25.26	Media
64	1.74	1.32	Fosfatos	1.18	24.14	Media
72	1.86	1.47	Fosfatos	0.09	20.97	Media
80	2.29	1.2	Fosfatos	0.05	47.60	Media
88	1.64	1.36	Fosfatos	0.34	17.07	Baja

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es nula entre la influencia de los fosfatos en la remoción de As en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación para comprobar la variabilidad de los datos (Figura 13), dando r cuadrado un valor de 0.029, representando el 2.9% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre los fosfatos y la remoción de As en el agua. Verificando que los fosfatos no tienen ninguna influencia en la remoción de As.

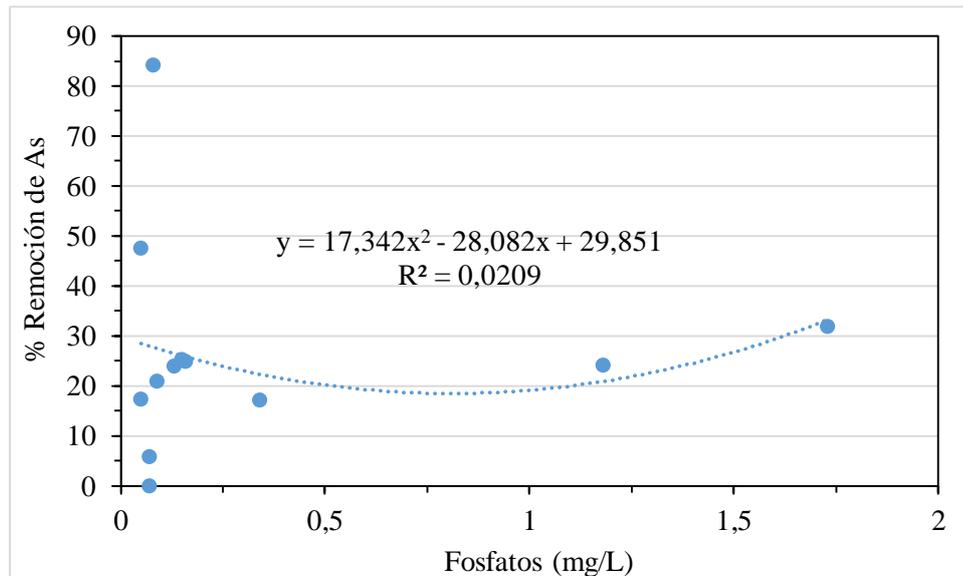


Figura 13. Regresión lineal de fosfatos y la remoción de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.2. Influencia en la remoción del hierro del agua.

Los parámetros pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos fueron tomados in situ, al momento de recolectar las muestras para As y Fe. Estos resultados fueron apuntados con fecha y hora en la libreta de campo. La correlación entre los parámetros y los contaminantes indicarán la influencia que tiene en la disminución de hierro en el agua.

11.1.4.2.1. Influencia del pH.

El coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de pH y Fe en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de 0.03, equivalente al 0.10% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de pH y Fe en el reservorio de Tiliche – San José fue de -0.11, equivalente al 1.16% de correlación.

En la Figura 14 se puede observar el comportamiento del pH y de la concentración de Fe del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

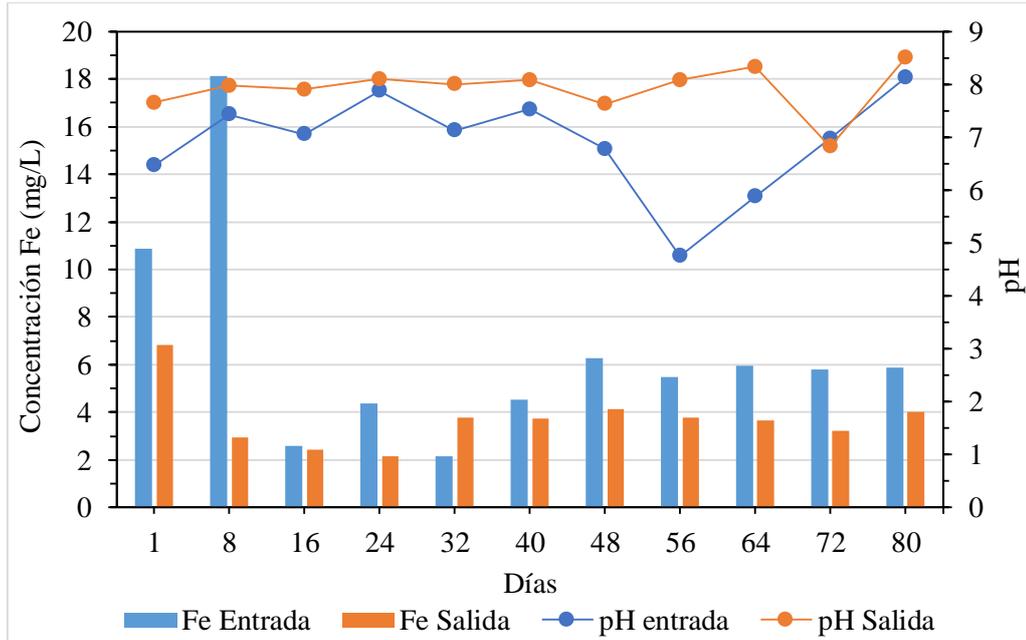


Figura 14. Relación entre pH y concentración de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El coeficiente de Pearson nos indica que el pH y la concentración de Fe tienen una correlación directa baja en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación inversa baja. Por lo que en ningún reservorio se evidenció que la concentración del Fe y el pH tienen relación.

11.1.4.2.1.1. Ponderación de resultados de influencia de pH en la remoción de Fe.

En la tabla 21 se pudo observar la influencia pH con la disminución de Fe en el agua de la zona de estudio es nula, ya que no posee correlación. Debido a que la mayor remoción se la observó en el día 16, donde el pH muestra un valor de 7.43, equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 8 días, donde el pH muestra valores entre 4.75 a 7.88, equivalente al 66.66% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 3 días restantes, donde el pH muestra valores entre 6.78 a 7.53, equivalente al 25.00% del total de los datos. Por lo tanto, no existe relación entre este parámetro y la disminución de Fe.

Tabla 21. Influencia del pH en la disminución del hierro.

Hierro						
N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Valor 0 - 14		
1	3.74	1.85	pH	6.71	50.47	Media
8	10.86	6.84	pH	6.47	37.02	Media
16	18.13	2.93	pH	7.43	83.84	Alta
24	2.6	2.44	pH	7.05	6.15	Baja
32	4.37	2.16	pH	7.88	50.57	Media
40	2.17	3.77	pH	7.13	0	Baja
48	4.53	3.75	pH	7.53	17.22	Baja
56	6.28	4.15	pH	6.78	33.92	Media
64	5.47	3.78	pH	4.75	30.9	Media
72	5.95	3.65	pH	5.88	38.66	Media
80	5.81	3.23	pH	6.98	44.41	Media
88	5.89	4	pH	6,78	32.09	Media

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es nula entre la influencia del pH en la remoción de Fe en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación para comprobar la variabilidad de los datos (Figura 15), dando r cuadrado un valor de 0.025, representando el 2.5% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre el pH y la remoción de Fe en el agua. Verificando que el pH no tiene ninguna influencia en la remoción de Fe.

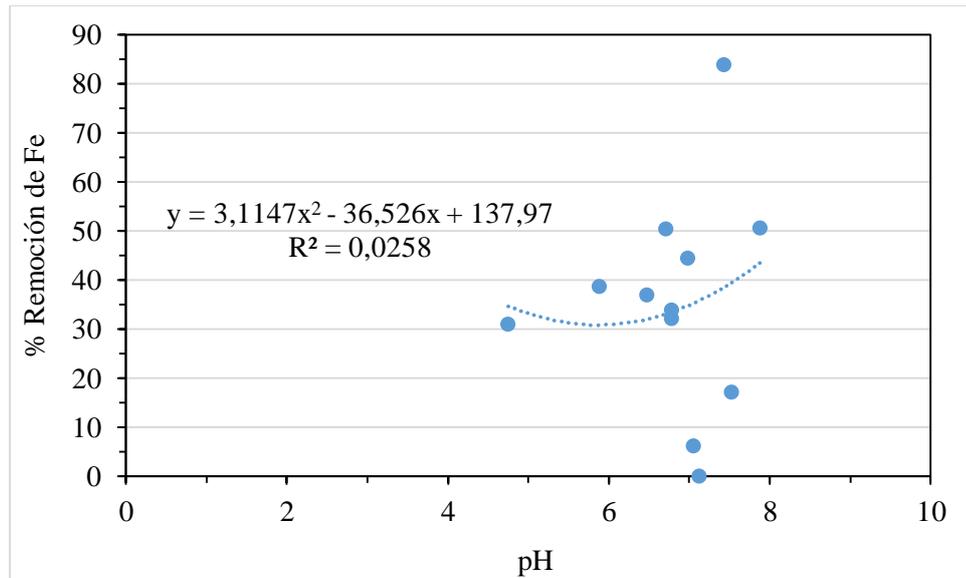


Figura 15. Regresión lineal de pH y la remoción de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.2.2. Influencia de la Conductividad Eléctrica.

El valor del coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de conductividad eléctrica y Fe en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de -0.52, equivalente al 26.57% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de conductividad eléctrica y Fe en el reservorio de Tiliche – San José fue de -0.12, equivalente al 1.36% de correlación.

En la Figura 16 se puede observar el comportamiento de la C.E y de la concentración de Fe del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

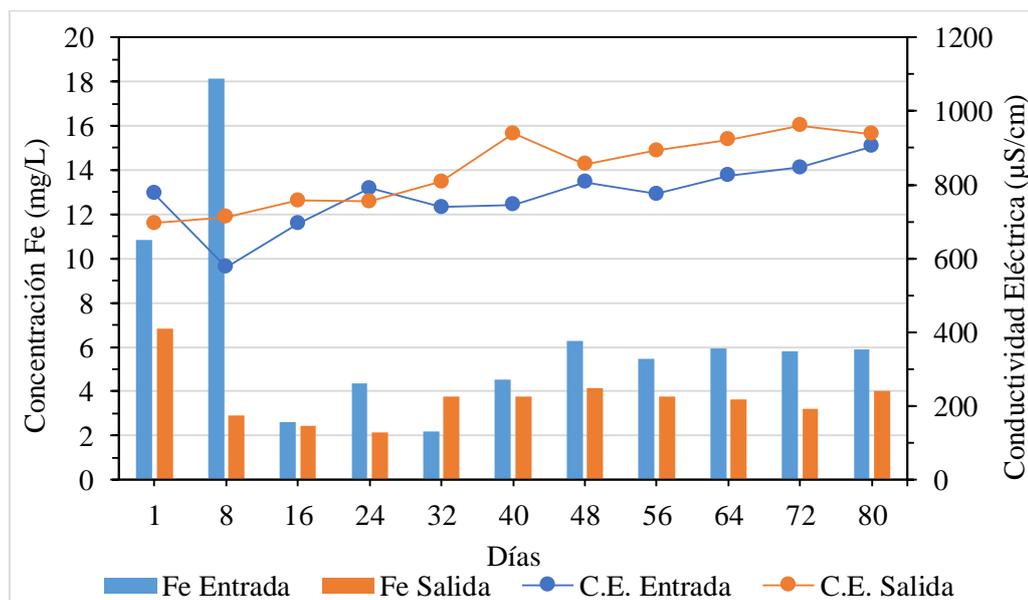


Figura 16. Relación entre Conductividad Eléctrica y concentración de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El coeficiente de Pearson nos indica que la C.E y la concentración de Fe tienen una correlación inversa media en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación inversa baja. Por lo que, solo en el reservorio de la parte alta se evidenció una relación inversamente proporcional entre la C.E y la concentración de Fe.

11.1.4.2.2.1. Ponderación de resultados de influencia de conductividad eléctrica en la remoción de Fe.

En la tabla 22 se pudo observar la influencia de la conductividad eléctrica de una manera inversamente proporcional con la disminución de Fe en el agua de la zona de estudio, ya que la mayor remoción se la observó en el día 16, donde la conductividad eléctrica mostró la menor concentración entre 576.50 $\mu\text{S/cm}$ a 738 $\mu\text{S/cm}$ equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 8 días, donde la concentración de la conductividad eléctrica mantenía valores entre 738 $\mu\text{S/cm}$ a 848 $\mu\text{S/cm}$ equivalente al 66.66% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 3 días restantes, donde la concentración de la conductividad eléctrica mantenía valores superiores a los 694 $\mu\text{S/cm}$ a 738 $\mu\text{S/cm}$, equivalente al 25.00% del total de los datos.

Tabla 22. Influencia de la Conductividad Eléctrica en la disminución del hierro.

N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Valor		
				($\mu\text{S/cm}$)		
1	3.74	1.85	C.E	738.81	50.47	Media
8	10.86	6.84	C.E	776.67	37.02	Media
16	18.13	2.93	C.E	576.50	83.84	Alta
24	2.6	2.44	C.E	694.75	6.15	Baja
32	4.37	2.16	C.E	790.50	50.57	Media
40	2.17	3.77	C.E	739.50	0	Baja
48	4.53	3.75	C.E	746.00	17.22	Baja
56	6.28	4.15	C.E	807.25	33.92	Media
64	5.47	3.78	C.E	774.50	30.9	Media
72	5.95	3.65	C.E	824.75	38.66	Media
80	5.81	3.23	C.E	847.25	44.41	Media
88	5.89	4	C.E	756.04	32.09	Media

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es inversamente proporcional entre la influencia de la conductividad eléctrica en la remoción de Fe en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación, la cual muestra la remoción inversamente proporcional (Figura 17), dando r cuadrado un valor de 0.552, representando el 55.2% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre la conductividad eléctrica y la remoción de Fe en el agua. Verificando que la conductividad eléctrica si tiene influencia en la remoción de Fe.

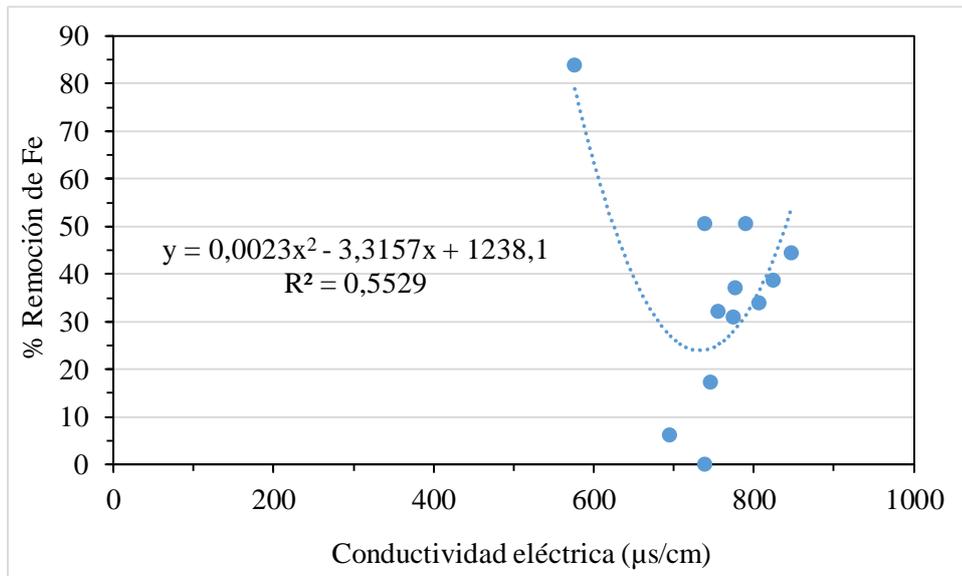


Figura 17. Regresión lineal de C.E y la remoción de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.2.3. Influencia de la Temperatura.

El coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de temperatura y Fe en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de 0.57, equivalente al 32.89% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de temperatura y Fe en el reservorio de Tiliche – San José fue de -0.13, equivalente al 1.82% de correlación.

En la Figura 18 se puede observar el comportamiento de la temperatura y de la concentración de Fe del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

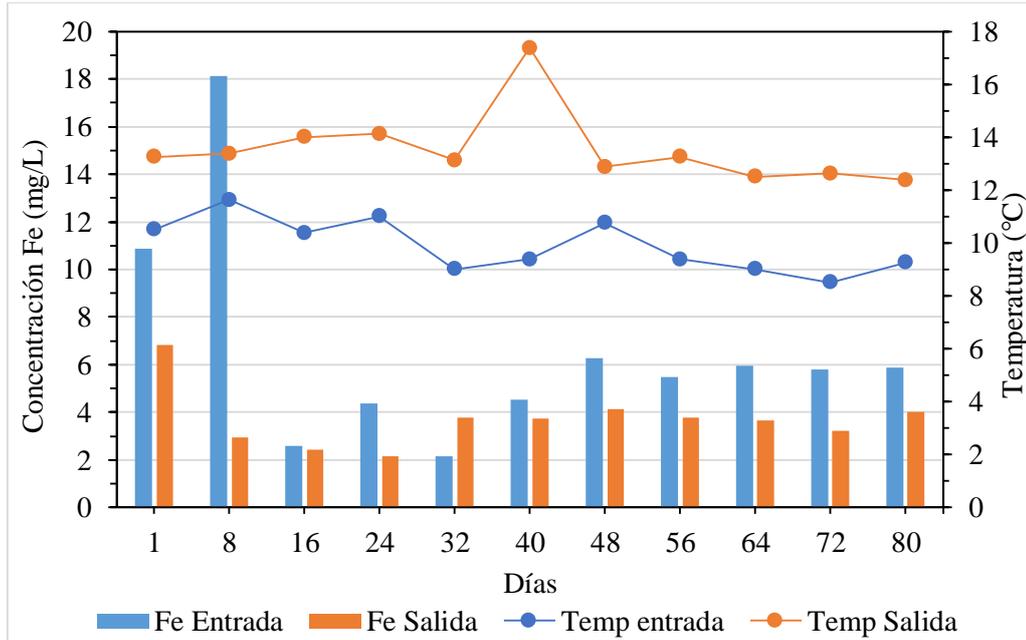


Figura 18. Relación entre Temperatura y concentración de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El coeficiente de Pearson nos indica que la temperatura y la concentración de Fe tienen una correlación directa media en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación inversa baja. Por lo que, solo en el reservorio de la parte alta se evidenció relación directamente proporcional entre la temperatura y la concentración de Fe.

11.1.4.2.3.1. Ponderación de resultados de influencia de temperatura en la remoción de Fe.

En la tabla 23 se pudo observar la influencia de la temperatura de una manera directamente proporcional con la disminución de Fe en el agua de la zona de estudio, ya que la mayor remoción se la observó en el día 16, donde la temperatura mostró un máximo entre 11.63 °C a 11 °C, equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 8 días, donde la temperatura varió entre los 9 °C a los 11 °C, equivalente al 66.66% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 3 días restantes, donde la temperatura se mantenía entre 9 °C a 9.38 °C, equivalente al 25.00% del total de los datos.

Tabla 23. Influencia de la Temperatura en la disminución del hierro.

Hierro						
N° de Día	Valores (mg/L)		Parámetro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Valor (°C)		
1	3.74	1.85	Temperatura	10.19	50.47	Media
8	10.86	6.84	Temperatura	10.50	37.02	Media
16	18.13	2.93	Temperatura	11.63	83.84	Alta
24	2.6	2.44	Temperatura	10.38	6.15	Baja
32	4.37	2.16	Temperatura	11.00	50.57	Media
40	2.17	3.77	Temperatura	9.00	0	Baja
48	4.53	3.75	Temperatura	9.38	17.22	Baja
56	6.28	4.15	Temperatura	10.75	33.92	Media
64	5.47	3.78	Temperatura	9.38	30.9	Media
72	5.95	3.65	Temperatura	9.00	38.66	Media
80	5.81	3.23	Temperatura	8.50	44.41	Media
88	5.89	4	Temperatura	9.97	32.09	Media

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es directamente proporcional entre la influencia de la temperatura en la remoción de Fe en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación, la cual muestra la remoción directamente proporcional (Figura 19), dando r cuadrado un valor de 0.575, representando el 57.5% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre la temperatura y la remoción de Fe en el agua. Verificando que la temperatura si tiene influencia en la remoción de Fe.

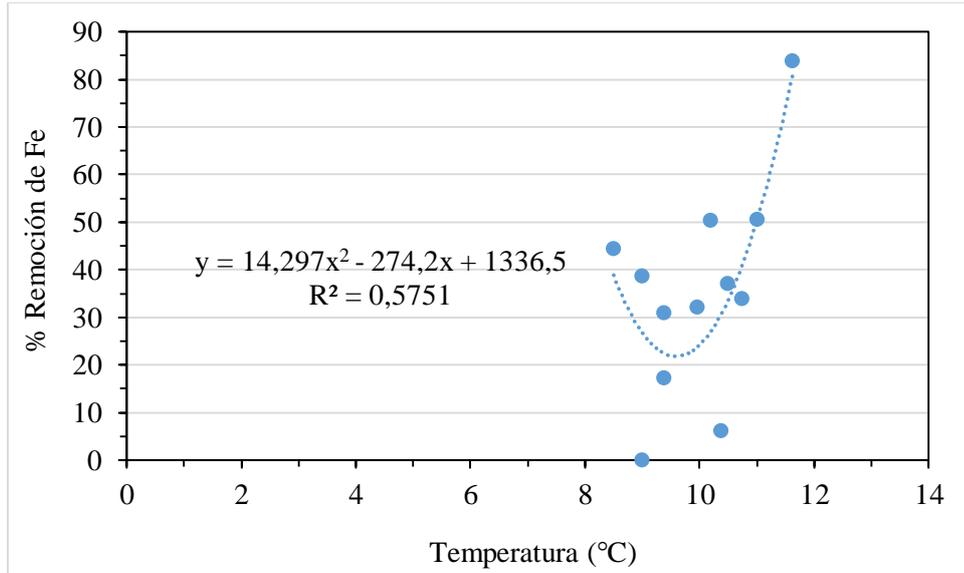


Figura 19. Regresión lineal de temperatura y la remoción de As.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.4.2.4. Influencia de los Fosfatos.

El coeficiente de correlación de Pearson entre los valores de fosfatos y Fe en el reservorio Quebrada de Tiliche fue de -0.17, equivalente al 2.75% de correlación. El coeficiente de correlación entre los valores de fosfatos y Fe en el reservorio de Tiliche – San José fue de 0.57, equivalente al 32.53% de correlación.

En la Figura 20 se puede observar el comportamiento de los fosfatos y de la concentración de Fe del agua en cada una de las 11 muestras tomadas a lo largo de dos meses y medio.

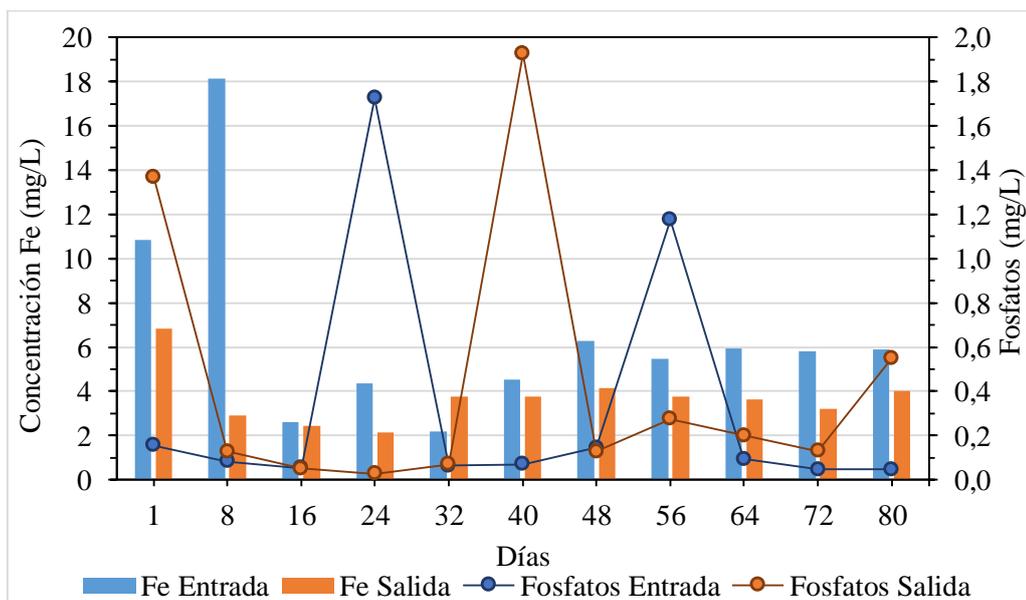


Figura 20. Relación entre Fosfatos y concentración de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Según el coeficiente de Pearson, los fosfatos y la concentración de Fe tienen una correlación inversa baja en el tanque reservorio Quebrada de Tiliche, mientras que en el tanque reservorio Tiliche – San José existe una correlación directa media. Por lo que, solo en el reservorio de la parte baja se evidenció relación directamente proporcional entre los fosfatos y la concentración de Fe.

11.1.4.2.4.1. Ponderación de resultados de influencia de fosfatos en la remoción de Fe.

En la tabla 24 se pudo observar la influencia pH con la disminución de Fe en el agua de la zona de estudio es nula, ya que no posee correlación, debido a que se observó en el día 16 la mayor remoción, donde los fosfatos mostraron la mayor concentración 0.8 mg/L, equivalente al 8.34% de los datos. Mientras tanto la remoción media se lo observó en 8 días, donde los fosfatos mantenían valores superiores a los 0.05 mg/L, equivalente al 66.66% de los datos. Finalizando con la remoción baja, observado en 3 días restantes, donde la concentración de los fosfatos mantenían valores superiores a los 0.09 mg/L, equivalente al 25.00% del total de los datos. Además se establece que los fosfatos no tienen incidencia en la reducción del hierro en el agua, ya que no se pueden establecer rangos para la remoción.

Tabla 24. Influencia de los fosfatos en la disminución del hierro.

N° de Día	Valores (mg/L)		Hierro		Remoción %	Influencia del parámetro
	Entrada	Salida	Parámetro	Parámetro		
				Valor (mg/L)		
1	3.74	1.85	Fosfatos	0.13	50.47	Media
8	10.86	6.84	Fosfatos	0.16	37.02	Media
16	18.13	2.93	Fosfatos	0.08	83.84	Alta
24	2.6	2.44	Fosfatos	0.05	6.15	Baja
32	4.37	2.16	Fosfatos	1.73	50.57	Media
40	2.17	3.77	Fosfatos	0.07	0	Baja
48	4.53	3.75	Fosfatos	0.07	17.22	Baja
56	6.28	4.15	Fosfatos	0.15	33.92	Media
64	5.47	3.78	Fosfatos	1.18	30.9	Media
72	5.95	3.65	Fosfatos	0.09	38.66	Media
80	5.81	3.23	Fosfatos	0.05	44.41	Media
88	5.89	4	Fosfatos	0.34	32.09	Media

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Una vez establecido que la correlación es nula entre la influencia de los fosfatos en la remoción de Fe en el agua de la zona de estudio, la regresión lineal nos permitió establecer una ecuación para comprobar la variabilidad de los datos (Figura 21), dando r cuadrado un valor de 0.034, representando el 3.4% de validez de la ecuación para determinar la correlación entre los fosfatos y la remoción de Fe en el agua. Verificando que los fosfatos no tiene ninguna influencia en la remoción de Fe.

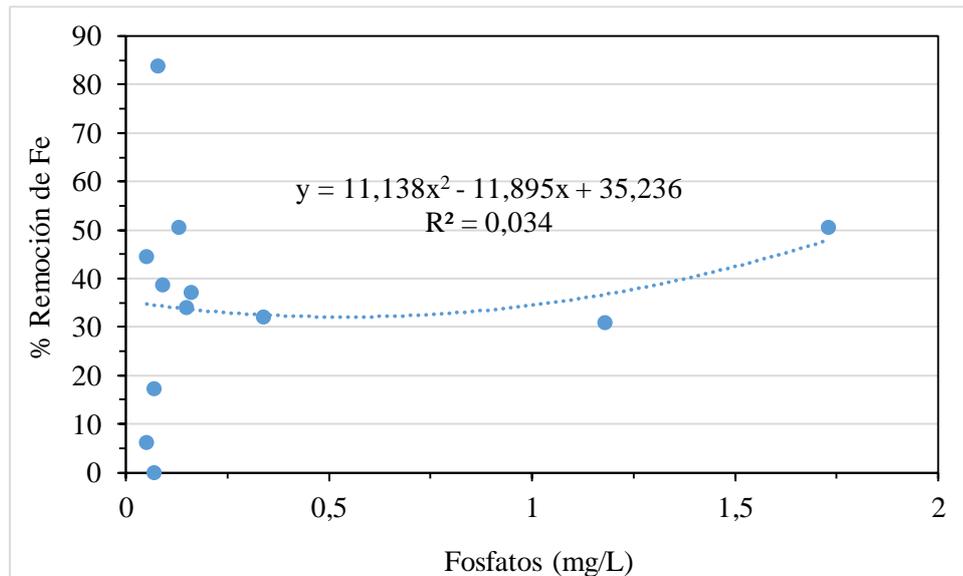


Figura 21. Regresión lineal de fosfatos y la remoción de Fe.

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.5. Identificación cualitativa de la especie de arsénico y hierro en la remoción del sistema IFA

11.1.5.1. Especiación de arsénico.

11.1.5.1.1. Quebrada de Tiliche.

Especificar que en el reservorio existen dos especies de As interactuando en diferentes concentraciones, el As^{3+} y el As^{5+} . Cada especie formará un distinto compuesto, dependiendo del pH del medio. La especiación del As de cada muestra tomada, se puede evidenciar en la Tabla 25.

Tabla 25. Especiación de As en el Tanque Reservorio Quebrada de Tiliche.

Quebrada de Tiliche						
Muestra	Concentración As	pH medio	Rango de pH (As³⁺)	Rango de pH (As⁵⁺)	Compuesto formado (As³⁺)	Compuesto formado (As⁵⁺)
1	1.0915	6.71	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄
2	2.98	6.47	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄
3	5.86	7.43	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
4	1.1	7.05	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
5	1.35	7.88	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
6	0.58	7.13	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
7	1.38	7.53	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
8	1.9	6.78	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄ ⁻
9	1.74	4.75	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄ ⁻
10	1.86	5.88	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄ ⁻
11	2.29	6.98	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄ ⁻
12	1.64	8.13	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Tomando en cuenta el valor de pH de las muestras, el As (III) se encuentra en forma de H₃AsO₃ (Ácido arsenioso). El As³⁺ es la especie más tóxica que se puede encontrar en el ambiente, es el de más fácil movilización y de más difícil remoción. Normalmente, el As (III) se encuentra en mayor concentración en el agua que el As (V).

El As (V) tiene rangos más limitados en comparación con el As (III), lo que provoca una mayor variedad de compuestos en el agua y una mayor facilidad de remoción. En el caso del Reservorio Quebrada de Tiliche, se encontraron dos compuestos para As (V): H₃AsO₄²⁻ (ácido tetraoxoarsénico) y H₂AsO₄⁻ (arsorato de hidrógeno). Esta especie, normalmente se encuentra en mayor concentración en comparación con el As³⁺.

11.1.5.1.2. Tiliche – San José.

En el agua del reservorio Tiliche San José se encuentran dos especies de As: el As³⁺ y el As⁵⁺; siendo este último el menos presente. Cada especie forma un distinto compuesto, dependiendo del pH del medio. La especiación del As de cada muestra tomada, se puede visualizar en la Tabla 26.

Tabla 26. Especiación de As en el Tanque Reservorio Tiliche-San José

Tiliche - San José						
Muestra	Concentración As	pH medio	Rango de pH (As³⁺)	Rango de pH (As⁵⁺)	Compuesto formado (As³⁺)	Compuesto formado (As⁵⁺)
1	0.83	7.67	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
2	1.58	7.90	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
3	2.24	7.65	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
4	0.931	7.98	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
5	0.908	7.90	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
6	0.922	8.10	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
7	1.21	8.00	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
8	1.3	8.08	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
9	1.42	7.63	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
10	1.32	8.08	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
11	1.47	8.33	0-9	7-11	H ₃ AsO ₃	H ₃ AsO ₄ ²⁻
12	1.2	6.83	0-9	3-6	H ₃ AsO ₃	H ₂ AsO ₄

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

El valor de pH de las muestras tomadas indica que el compuesto de As (III) con mayor concentración es el H₃AsO₃ (Ácido arsenioso). Esta especie de As tiene una movilización fácil y una toxicidad alta por lo cual su remoción es más complicada. Además se encuentra en mayor concentración que el As⁵⁺.

Los rangos menores del As⁵⁺ generan la existencia de un mayor grupo de compuestos en el agua. En el caso del Reservorio Tiliche-San José, de la especie As (V) predomina el compuesto H₃AsO₄²⁻ (ácido tetraoxoarsénico) y solamente la muestra final presenta H₂AsO₄⁻ (arsorato de hidrógeno). Esta especie de As tiene una menor concentración pero es de fácil remoción.

11.1.5.2. Especiación de hierro.

11.1.5.2.1. Quebrada de Tiliche.

Las aguas contaminadas con Fe presentan en su concentración dos especies: Fe (II) y Fe (III). La especie con mayor concentración va a depender de la precipitación que exista, siendo el Fe

(II) la especie más presente en épocas de avenida y el Fe (III) en época de estiaje. La especiación del Fe de cada muestra tomada, se puede visualizar en la Tabla 27.

Tabla 27. Especiación de Fe en el Tanque Reservorio Quebrada de Tiliche.

Especiación de Fe en el Tanque Reservorio de la Quebrada de Tiliche					
Meses	Precipitación (mm lluvia)	Época climática	Concentración de Fe (mg/L)	pH	Especie de hierro
Marzo	90.9	Avenida	3.74	6.71	Fe (II)
Junio	32.7	Transición	10.9	6.47	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Transición	18.1	7.43	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Transición	2.6	7.05	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Transición	4.4	7.88	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Estiaje	2.2	7.13	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	4.5	7.53	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	6.3	6.78	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	5.5	4.75	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	6.0	5.88	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	5.8	6.98	Fe (III)
Agosto	10.4	Estiaje	5.9	8.13	Fe (III)

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Existe una relación entre el nivel de precipitación (época climática) y la concentración de Fe en el agua. En el área de estudio, la época de avenidas va desde la cuarta semana de Agosto hasta los inicios de la primera semana de junio, en esta época predomina la concentración de Fe (II). La época de estiaje va desde mediados de la cuarta semana de junio hasta mediados de la segunda semana de agosto, predominando en este periodo el Fe (II). La época de transición de época de avenidas a época va desde la primera semana de junio hasta la tercera semana de junio, encontrando una presencia de Fe (II) y Fe (III). En el periodo de estudio, el Fe (III) fue el de mayor presencia (58.33%), lo que significa, que en el Tanque Reservorio Quebrada de Tiliche se removió mayormente Fe (III).

11.1.5.2.2. Tiliche – San José.

Las aguas contaminadas con Fe presentan en su concentración dos especies: Fe (II) y Fe (III). La especie con mayor concentración va a depender de la precipitación que exista, siendo el Fe

(II) la especie más presente en épocas de avenida y el Fe (III) en época de estiaje. La especiación del Fe de cada muestra tomada, se puede visualizar en la Tabla 28.

Tabla 28. Especiación de Fe en el Tanque Reservorio Tiliche-San José.

Especiación de Fe en el Tanque Reservorio de Tiliche San José					
Meses	Precipitación (mm lluvia)	Época climática	Concentración de Fe (mg/L)	pH	Especie de hierro
Marzo	90.9	Avenida	2.3	7.69	Fe (II)
Junio	32.7	Transición	6.8	7.65	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Transición	2.9	7.98	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Transición	2.4	7.90	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Transición	2.2	8.10	Fe (II) & Fe (III)
Junio	32.7	Estiaje	3.8	8.00	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	3.8	8.08	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	4.2	7.63	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	3.8	8.08	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	3.7	8.33	Fe (III)
Julio	18.3	Estiaje	3.2	6.83	Fe (III)
Agosto	10.4	Estiaje	4.0	8.50	Fe (III)

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

Existe una relación entre el nivel de precipitación (época climática) y la concentración de Fe en el agua. En el área de estudio, la época de avenidas va desde la cuarta semana de Agosto hasta los inicios de la primera semana de junio, en esta época predomina la concentración de Fe (II). La época de estiaje va desde mediados de la cuarta semana de junio hasta mediados de la segunda semana de agosto, predominando en este periodo el Fe (II). La época de transición de época de avenidas a época va desde la primera semana de junio hasta la tercera semana de junio, encontrando una presencia de Fe (II) y Fe (III). En el periodo de estudio, el Fe (III) fue el de mayor presencia (58.33%), lo que significa, que en el Tanque Reservorio Tiliche-San José se removió mayormente Fe (III).

11.1.5.3. Ponderación de los resultados de especiación de As.

Según la clasificación realizada, se puede observar que los valores más bajos de remoción se alinean con el As^{3+} , ya que este tiene la característica de ser de fácil transporte y de difícil

remoción, con una equivalencia del 58.33% del total de los datos, siendo predominante en la investigación. Los valores más altos de remoción se dieron cuando la especie As^{5+} predominaba, siendo el 41.67% del total de los datos. Se determinó que la especie predominante, tiene relación directa en el porcentaje de remoción de As en el sistema de Islas Flotantes Artificiales.

Tabla 29. Relación entre disminución de As y su especie predominante.

Arsénico						
N° de Día	Valores (mg/L)		Remoción %	Parámetro pH (QT)	Especie As (III) & As (V)	Relación
	Entrada	Salida				
1	1.09	0.83	23.85	6.71	As^{3+}	Bajo
8	2.98	2.24	24.83	6.47	As^{3+}	Bajo
16	5.86	0.93	84.13	7.43	As^{5+}	Alto
24	1.1	0.91	17.27	7.05	As^{3+}	Bajo
32	1.35	0.92	31.85	7.88	As^{5+}	Alto
40	0.58	1.21	0.00	7.13	As^{3+}	Bajo
48	1.38	1.3	5.80	7.53	As^{5+}	Bajo
56	1.9	1.42	25.26	6.78	As^{3+}	Alto
64	174	1.32	24.14	4.75	As^{5+}	Bajo
72	1.86	1.47	20.97	5.88	As^{5+}	Bajo
80	2.29	1.2	47.60	6.98	As^{3+}	Alto
88	1.64	1.36	17.07	8.13	As^{3+}	Bajo

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.5.4. Ponderación de los resultados de especiación de Fe.

En el caso del hierro, por su capacidad de oxidación y de sedimentación, no existe una relación directa o inversa en su disminución en relación a la época climática en la que se encuentre (avenida, estiaje, transición), sin embargo existe una alta remoción que equivale al 75% del total de los datos y tan solo un 25% donde se observó una remoción baja. La relación entre la especie de hierro y la disminución del mismo no poseen relación directa, aunque este contaminante tiene mejor remoción por las especies vegetativas que se utilizan en el sistema de Islas Flotantes Artificiales para el desarrollo de sus funciones metabólicas.

Tabla 30. Relación entre disminución de Fe y su especie predominante.

Hierro						
N° de Día	Valores (mg/L)		Especiación (QT)		Remoción %	Relación
	Entrada	Salida	Época	Especie		
1	3.74	1.85	Avenida	Fe (II)	50.47	Alta
8	10.86	6.84	Transición	Fe (II) & Fe (III)	37.02	Alta
16	18.13	2.93	Transición	Fe (II) & Fe (III)	83.84	Alta
24	2.6	2.44	Transición	Fe (II) & Fe (III)	6.15	Baja
32	4.37	2.16	Transición	Fe (II) & Fe (III)	50.57	Alta
40	2.17	3.77	Estiaje	Fe (III)	0	Baja
48	4.53	3.75	Estiaje	Fe (III)	17.22	Baja
56	6.28	4.15	Estiaje	Fe (III)	33.92	Alta
64	5.47	3.78	Estiaje	Fe (III)	30.9	Alta
72	5.95	3.65	Estiaje	Fe (III)	38.66	Alta
80	5.81	3.23	Estiaje	Fe (III)	44.41	Alta
88	5.89	4	Estiaje	Fe (III)	32.09	Alta

Elaborado por: Córdova C. & Molina C., 2021.

11.1.6. Disposición Final del sistema

Las 11 matrices flotantes fueron donadas a la comunidad perteneciente al proyecto de riego “Quebrada de Tiliche” con la finalidad de que el sistema sea implementado por los usuarios y sean beneficiados.

En el caso del material vegetativo, al alcanzar su saturación deberá ser entregado a un gestor ambiental, evitando contaminación al suelo en el caso de introducirlo a una compostera o a su vez causar contaminación al aire en el caso de recurrir a la incineración.

11.2. DISCUSIÓN

11.2.1. Remoción de Arsénico del agua por parte de las especies pasto vetiver y achira

El sistema Integral IFA mediante la combinación del pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*), permitió reducir un 26.9% de la concentración de arsénico en el agua del tanque reservorio, gracias a la capacidad de retención del contaminante de las especies. Esto se afirma mediante el estudio realizado por (Calheiros, et al, 2020), donde menciona “La estructura de la comunidad microbiana mostró claras diferencias entre las establecidas en el FWI (Floating Wetland Islands) y las del agua circundante, mostrando la presencia de algunos grupos bacterianos que pueden ser relevantes para los procesos de biorremediación”. Esto se puede evidenciar con el resultado obtenido por Fonseca, et al, (2020) donde “La remediación media del arsénico se registró en un 97% en el agua y en un 84% en los sedimentos, mientras que la remediación media del hierro fue del 87% en los sedimentos” (pág.1). Además se realizó un ensayo de campo durante seis semanas de instalación demostró una mejora de la calidad del agua con un aumento significativo (92%) del oxígeno disuelto y una gran eliminación de la demanda química de oxígeno (77%) y de nitratos (73%) demostrando que el sistema no solo remueve metales pesados, sino que permite mejorar la calidad del agua en general (Kusin, et al, 2018).

11.2.2. Retención de arsénico por parte de las especies pasto vetiver y achira

Las especies utilizadas para la investigación fueron el pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*), las cuales fueron seleccionadas por su capacidad de retención del contaminante en sus raíces y su adaptabilidad a ambientes con temperaturas bajas. Un estudio realizado por Patil, (2019) afirma que “Canna creció mejor a niveles más altos de nutrientes y mostró una mayor capacidad de aclimatación; El vetiver creció de manera más persistente, aunque necesitaba un período de aclimatación;” (pág.1). La función que desempeñan ambas especies es la siguiente:

A medida que el agua pasa por debajo de la alfombra, los contaminantes se eliminan en la superficie de los órganos de la planta (como las raíces) a través de varios mecanismos. Estos mecanismos incluyen la absorción de nutrientes y metales, el desarrollo de biopelículas, liberación de enzimas extracelulares, sedimentación y la fijación de los contaminantes, así como la mejora de la floculación de la materia en suspensión. Además, los AFIs (Artificial Floating Islands) ayudan a mejorar las condiciones

anaeróbicas y los procesos biogeoquímicos asociados en la columna de agua debajo de la estera flotante. (Yeh, Yeh, & Hsiou Chang, 2015)

Además de la capacidad de retención del contaminante de las especies macrófitas, se debe tomar en cuenta su densidad, ya que según Masinire, et al, (2021): “La alta densidad de pasto (15 hojas de vetiver) resultó en una eliminación más rápida y eficiente de Cr (VI) independientemente de la concentración inicial” (pág.1). Siendo así la morfología de la planta tan importante como la estructura que lo sostiene.

11.2.3. Sistema integral IFA como método alternativo de remediación de aguas contaminadas con arsénico a escala real

El sistema de Islas Flotantes Artificiales resulta ser una alternativa eficiente para el tratamiento de aguas contaminadas con As y Fe. Ha tomado importancia en los últimos años debido a los bajos costos para su construcción y mantenimiento, su facilidad de instalación, y a que es más accesible que los sistemas de tratamiento de aguas convencionales. “Entre otras características importantes de las IFAs se encuentran la preservación de la calidad del ecosistema, la conservación del paisaje y los beneficios estéticos” (Sharma et al., 2021).

Este sistema resulta bastante eficiente en la remoción de los contaminantes presentes en el agua, como es el caso del As y el Fe. Se han realizado varios estudios sobre fitorremediación de aguas contaminadas, obteniendo resultados favorables. En el caso del Fe, se ha demostrado que puede ser removido con la implementación del sistema IFA. Según afirma el estudio de (Shahid et al., 2020) en un periodo de cinco semanas se redujo el Fe de 14.0 mg.L^{-1} a 0.53 mg.L^{-1} . El vetiver resulta ser una especie fitorremediadora excelente para el tratamiento de aguas con Fe, evidenciando su efectividad en el estudio de (Kiiskila et al., 2017) donde asegura que esta especie es excelente para la remoción de metales como el Fe, Cu y Zn. Otros estudios apuntan a que esta especie es eficaz en la remoción de As (Siyar et al., 2020). Esto último se reafirma al decir que:

La fitorremediación del agua contaminada mediante macrófitas acuáticas sería una buena opción a largo plazo. Se ha probado un gran número de especies de plantas acuáticas para la remediación de elementos tóxicos de los sistemas de agua dulce. Algunas plantas acuáticas (sobre todo macrófitas) han demostrado su capacidad para acumular altos niveles de arsénico en el agua (Rahman & Hasegawa, 2011).

La especie achira también resulta ser efectiva para la fitorremediación mediante el uso de IFAs (Oluoch, 2018). Son pocos los estudios sobre eliminación de As llevados a cabo con achira, pero su efectividad ha sido probada (Abou-Elela et al., 2019). También se ha demostrado la remoción del Fe, pues en el estudio de (Ali et al., 2018) se combinó *Phragmites australis Cav. Trin. ex Steud.*, *Canna indica L.* *Typha latifolia L.* e *Hydrocotyle umbellata L.* y se logró remover el 70.09 % de Fe.

El sistema integral de Islas Flotantes Artificiales es una tecnología económicamente sostenible debido a la facilidad de armado en su estructura, al bajo costo de sus materiales y a la facilidad de mantenimiento en el tiempo, esto se comprueba con:

Existen varias tecnologías de tratamiento de aguas residuales; sin embargo, los humedales construidos (CW) han surgido como una opción ecológica y económicamente viable para el tratamiento sostenible de las aguas residuales. Los CW son humedales hechos por el hombre o diseñados por ingeniería que están diseñados, construidos y operados para aprovechar las funciones de los humedales naturales para el tratamiento de diversos contaminantes de las aguas residuales. (Kumar Mishra et al., 2021)

Además según Oliveira et al., (2021) menciona que la aplicación de IFAs para el tratamiento de aguas residuales domésticas tiene la ventaja de bajos costos en términos de remoción de nutrientes y al mismo tiempo reduce el costo de mantenimiento y el consumo de energía en comparación con el tratamiento centralizado convencional de efluentes, permitiendo generar una tecnología sustentable económicamente.

11.2.4. Influencia de los parámetros pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos en la remoción de arsénico y hierro

La absorción de arsénico y hierro que realiza la combinación de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) y achira (*Canna indica*) como parte del sistema IFA, toma en cuenta los parámetros como pH, conductividad eléctrica, temperatura y fosfatos; ya que son factores que permiten una mayor velocidad y cantidad de remoción de los contaminantes (Khadija et al., 2021). La concentración de metales en el agua incrementa la formación de sulfuros metálicos, la oxidación de estos compuestos promueve la disponibilidad del metal en las raíces de las dos especies. Además las especies vegetales remueven los contaminantes con ayuda de los sedimentos que se forman en el fondo, tomando en cuenta lo siguiente:

Los sedimentos y la materia orgánica pueden retener metales por diferentes mecanismos, lo que disminuye la concentración en la columna de agua, pero los vínculos son débiles, un cambio de pH, temperatura o intercambio catiónico o aniónico, presencia de carbonatos, entre otros puede liberarlos. (Aguirre et al., 2021)

Un cambio de concentración en los parámetros antes mencionados puede generar una liberación de los metales contenidos en los sedimentos, generando mayor absorción en la morfología de las dos especies. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que una salinidad elevada puede promover la desorción de metales, aumentando así la concentración de metales en el medio (Behbahani et al., 2021).

11.2.5. Identificación del tipo de arsénico y hierro removidos por el sistema IFA

El agua por sus características fisicoquímicas, es una sustancia que puede enlazarse a otras con una gran facilidad, generando su contaminación y cambiando parámetros que muestran su calidad. Tal es el caso del pH, mostrándose claros ejemplos en minas donde por la extracción de minerales generan contaminación directa a los cauces. Es decir:

Estas reacciones generan acidez y liberan sulfato, Fe y metales accesorios y metaloides abundantes en este tipo de depósitos (As, Cd, Co, Cu, Ni, Pb, Zn, etc.). El lixiviado ácido reacciona con los alrededores matriz mineral de silicato liberando también numerosos iones (Al, Ca, Mg, Mn, Si, etc.). (Cánovas et al., 2007)

Este aumento en la acidez del medio, permite identificar las diferentes especies de los contaminantes, debido a que cada uno de los metales reacciona diferente dependiendo de su pH, la salinidad y la conductividad eléctrica. La especiación de arsénico muestra dos especies inorgánicas dominantes, sobre todo por la oxidación de sulfuros, así:

Arsénico (V) bajo la forma de arseniato AsO_4^{-3} , y como arsénico (III) bajo la forma de arsenito AsO_3^{-3} ; las cantidades de cada especie dependen principalmente de las condiciones redox del agua, con los valores de pH de las aguas naturales. La especie arsenito se encuentra en su estado neutro, lo cual dificulta su remoción y la hace más móvil, ya que al ser neutro no se adsorbe en la mayoría de superficies minerales, como si lo hace el arseniato. (Chávez, 2008)

La presencia de As (V) y As (III) depende de factores físicos, químicos y biológicos, en este último, los microorganismos juegan un papel fundamental ya que son capaces de transformar el As (III) en As (V). La movilización del As, así como su presencia en el agua subterránea, son

producto de las reacciones de disolución de óxidos de Fe y desorción debido a los valores altos de pH (Montoya et al., 2015).

La especie As (III) es la más tóxica e incluso tiene mayor movilidad que el As(V) (Reimer, 1989). A pesar de ello, el As (V) es la especie mayormente presente en agua (Fernández et al., 2005). Por lo tanto, existe mayor remoción de As (V) que de As (III), pero el As (III) también se elimina pues este se oxida a As (V) (Inskip et al., 2004). Esta oxidación de As (III) a As (V) es importante para la remoción del As del agua debido a que este último tiene menor solubilidad y es eliminado de manera más eficaz (Leist et al., 2000).

La relación en la especiación del arsénico está ligada con el tipo de especie del hierro, ya que depende de la oxidación del hierro, el nivel de pH y la temperatura para determinar el tipo de arsénico que se encuentra en el agua, además:

En ausencia de lluvias, la concentración de Fe total es alta y el As se encuentra básicamente como As (V). En la estación húmeda, el Fe total disuelto es menor y existe mayor presencia de As (III) que en la estación seca, especialmente en la parte baja de los ríos. Esto puede deberse básicamente a dos factores (1) los procesos de oxidación son más favorables en la estación estival. La oxidación del arsenito es lenta, especialmente en condiciones ácidas, pero puede ser catalizada por la actividad de bacterias como *Thiomonas* sp., aumentando la actividad en verano. (2) En las estaciones húmedas el pH aumenta ligeramente, implicando precipitados de Fe (III)-oxihidróxidos y la sorción del As, especialmente del As (V). Como resultado, la relación As (III)/(V) aumenta (Sarmiento et al., 2009).

El hierro se presenta en dos formas: la forma soluble de hierro ferroso Fe (II) y la forma insoluble de hierro férrico particulado Fe (III). El hierro presente en el agua suele tener la forma Fe (II) (Marsidi et al., 2018). El Fe (II), al ser soluble en el agua se absorbe de manera eficaz, mientras que el Fe (III) precipita fácilmente hacia el fondo, formando óxido férrico hidrogenado (To et al., 1999).

11.2.6. Relación entre arsénico y hierro

El comportamiento de las especies de As y Fe, dependen netamente del pH, debido a que los grupos hidroxilos que interactúan en la oxidación del Fe y en el cambio de valencia del As, determinan su adsorción o desorción. Las especies de As (III) y As (V), se pueden observar que

por debajo de pH 9 el As (III) existe como especie neutra (H_3AsO_3^0) y la principal especie de As (V) en este rango de pH es HAsO_4^{2-} .

Dependiendo de la condición de pH estos grupos hidroxilos pueden sufrir adsorción o desorción con protones, lo que finalmente lleva a la razón de la carga en la superficie del óxido de hierro. Por lo tanto, podemos explicar el mecanismo de sorción del arsénico en la superficie del óxido de hierro como un mecanismo de adsorción superficial en el que participan el grupo hidroxilo de la superficie del sorbente y el grupo hidroxilo de la especie de arsénico. (Ajith & Swain, 2019)

El pH tiene relación directa con la adsorción que posee el Fe con el As, ya que un pH más alto (alcalino) permitirá establecer al Fe como óxido y realizar su función, mientras que en un pH menor o igual a 3, el hierro es soluble en el agua. Hay que tomar en cuenta que el principal mecanismo de adsorción de metales a través de la complejación de los iones metálicos es por los grupos funcionales absorbentes, gracias a su intercambio iónico, ya que los absorbentes a base de Fe_3O_4 absorben principalmente arsénico entre los iones de arsénico y los grupos funcionales (Morillo et al., 2015).

La relación existente entre la concentración de hierro en el agua tiene relación directa con la concentración de arsénico en el agua, ya que dependiendo de la naturaleza del Fe dependerá la unión o separación (sorción o desorción) de estos metales en el medio acuoso. Además se debe tomar en cuenta lo siguiente:

Los grupos de carbono oxigenados como C-OH, -COOH, -COO también pueden interactuar con el arsénico. En los HNTs/C/ Fe_3O_4 HNTs/C/ Fe_3O_4 porosos, hay una abundancia de C-OH, Fe-OH y NPs (nanopartículas) de Fe_3O_4 (Fig. 14), lo que le permite adsorber eficazmente As (III) y As (V). Además, se consigue una rápida tasa de eliminación y una favorable renovabilidad se consiguen gracias a la estructura porosa de HNTs (Nanotubos de haloisita)/C/ Fe_3O_4 , que facilita la transmisión de los iones de arsénico y del eluyente. (Song et al., 2021)

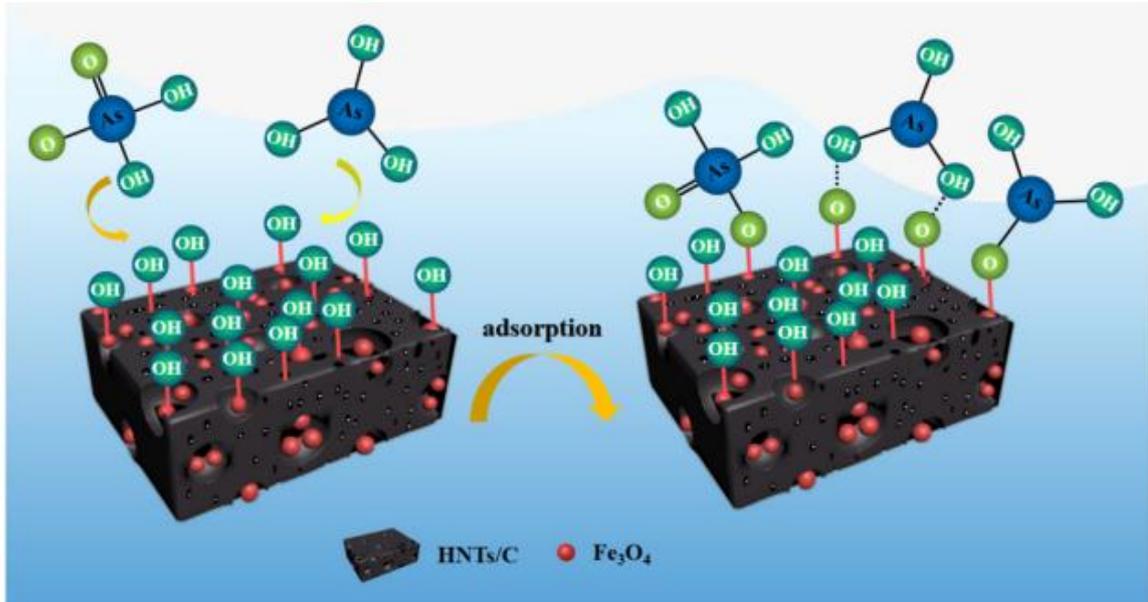


Figura 22. Diagrama de relación de As y Fe en el agua.

Elaborado por: Song, et al., 2021.

12.IMPACTOS

12.1. Ambiental

La implementación del sistema IFA no produce efectos perjudiciales a su entorno. Si bien se utilizan materiales como plástico y policloruro de vinilo, el impacto que genera no es significativo pues se trata de materiales reciclables y con una larga vida útil. Este sistema, a diferencia de otros sistemas de tratamiento de agua convencionales, no requiere la adición de otras sustancias para la remoción de los contaminantes.

Si bien el masto vetiver no es una planta nativa del lugar donde se instalaron las IFAs, no se convierte en invasora debido a que no se reproduce con facilidad por sí misma. En cambio la achira al ser originaria de la región Sierra se vio adaptada con mayor facilidad al clima. Esto sumado a su capacidad para remover metales pesados del agua, la convierten en una especie viable para esta solución sostenible. De hecho, tras la instalación de las IFAs se pudo notar la presencia de especies de insectos y otros invertebrados. De la misma manera se puede apreciar una relación simbiótica entre las plantas y los microorganismos que se ubican en las raíces.

12.2. Socioeconómico

A diferencia de otros sistemas de tratamiento de aguas contaminadas, el sistema IFA tiene un bajo costo de construcción, operación y mantenimiento. De la misma manera, tiene una alta

eficacia y eficiencia para el tratamiento de aguas contaminadas y es accesible para la población. Tal es el caso que puede aplicarse a más comunidades.

Con la aplicación del sistema IFA se logra una mejor calidad de agua para riego, y por ende, una mejora en la calidad de los productos agrícolas que se cultivan en el área (papas, maíz, entre otros). Esto a su vez significa una mejora en la calidad de vida de la población y de los consumidores, al no ingerir productos contaminados y al evitar el contacto con agua contaminada con arsénico.

13.PRESUPUESTO

Tabla 31. Presupuesto del proyecto de investigación

RECURSOS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Humanos	2	Personas (Autores y Tutor)	20	320
	1	Libreta de Campo	1.25	1.25
	2	Esferos	0.60	1.20
Oficina	1	Resma A4	3.50	3.50
	1	Cinta de etiquetado	1.00	1.00
	1	Tijeras	0.75	0.75
	1	Paquete de fundas ZipLoc	2.50	2.50
Tecnológicos	48 hojas	Impresora	0.10	4.80
	17	Tubos PVC de 2.5 pulgadas	7.61	129.37
Materiales para la elaboración de las Islas Flotantes	44	Codos PVC de 2.5 pulgadas	1.69	74.36
	13.20 metros	Malla plástica verde de 3.5 pulgadas de 1 metro de alto	3.60	47.52
	176	Amarres Plásticos de 40 cm	0.05	8.80
	338.36	Piola de Amarre	0.01	3.38
	1	Pega de Tubo	15.50	15.50

	5 Quintales	Fibra de Coco	8.00	40.00
Sustrato	1 Funda de 1kg	Sal (NaCl)	1.00	1.00
	4	Bandejas de aluminio	0.75	3.00
Material	400	Achira	0.25	100
Vegetativo	550	Pasto Vetiver	0.21	115.50
	32	Guantes de Látex	0.50	16.00
Toma de Muestras	48 frascos de 100ml	Frascos de muestras	0.25	12.00
	32	Mascarillas Kn-95	0.60	19.20
	16 botellas	Agua Destilada	0.95	15.20
	1	Conductímetro	35.00	35.00
	1	PHmetro	40.00	40.00
		Muestras de agua		
	16	Arsénico Laboratorio CICAM	15.00	240
	16	Muestras de agua Hierro Laboratorio CICAM	11.00	176
	3 (raíces)	Muestras de Plantas Laboratorio UDLA	16.80	50.40
		Muestras de Sedimentos		
Otros	3	Arsénico Laboratorio CICAM	15.00	45.00
		Muestras de Sedimentos		
	3	Hierro Laboratorio CICAM	11.00	33.00
		Muestras de suelo		
	1	Arsénico Laboratorio CICAM	15.00	15.00
	1	Muestras de suelo Hierro Laboratorio CICAM	15.00	15.00
	20	Transporte en General	10.00	200
SUBTOTAL				1785.23

10% IMPREVISTOS	178.52
TOTAL	1963.75

NOTA: Queremos extender un agradecimiento fraterno al GAD Cotopaxi, a la Dirección de Riego y Drenaje y a su proyecto Yakupak Wasi por la ayuda económica para los análisis de laboratorio a las muestras de agua, sedimentos y suelo.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. CONCLUSIONES

- El sistema IFA, tras su evaluación en un periodo de 132 días, presentó los siguientes porcentajes de remoción: arsénico 26.90% y hierro 35.44%. Demostrando su eficiencia y eficacia en la remoción de arsénico y hierro del agua del reservorio Quebrada de Tiliche.
- Los resultados obtenidos permitieron determinar una correlación alta que va entre el 80% al 90% para conductividad eléctrica y temperatura en su relación con la remoción de arsénico en el sistema, mientras tanto que conductividad eléctrica y temperatura poseen una correlación media que va entre el 50% al 60% en su relación con la remoción de hierro, además los parámetros pH y fosfatos no poseen correlación ni con la remoción de As y Fe en el sistema de riego Tiliche San José Alto.
- La especie de As presente depende del pH del agua, teniendo al As (III) formando H_3AsO_3 , y al As (V) formando $H_3AsO_4^{2-}$ y $H_2AsO_4^-$. El As (V), al ser especie más soluble en el agua, se encuentra en mayor cantidad que el As (III) y se remueve en mayor cantidad; mientras que el As (III) necesita ser oxidado a As (V) para poder ser removido, por lo que es más difícil de remover. Las especies de Fe que se encuentren presentes en el agua van a depender de la época climática, habiendo una mayor cantidad de Fe (II) en avenidas y Fe (III) en estiaje; por lo que, en el periodo de estudio existió mayormente Fe (III) en el agua, a pesar que es la especie menos soluble.
- Si bien pH no posee correlación con la remoción de arsénico y hierro que efectúa el sistema IFA, este parámetro explica el comportamiento de As^{3+} y As^{5+} en el sistema de riego, ya que el pH determina la oxidación del Fe (II) a Fe (III) y el arrastre del As^{3+} hacia los sedimentos (lodos), siendo así, cuando los valores de pH cambian se genera el cambio de As^{3+} a As^{5+} y de Fe (III) a Fe (II) que son liberados de la capa de sedimentos hacia el medio acuoso donde pueden ser absorbidos y adsorbidos por el sistema integral IFA.

14.2. RECOMENDACIONES

- Para el desarrollo del proyecto a escala real, se sugiere un periodo de tiempo mayor para el proceso de adaptación de la especie pasto vetiver, debido a que por su morfología no soporta temperaturas bajas como es característica del ecosistema páramo.
- Es necesario que para la determinación del número total de islas en un reservorio, se tome en cuenta el volumen total y no solo el área de la infraestructura, debido a que el área puede ser pequeña pero su profundidad mayor que su área.
- Para una mayor eficacia y eficiencia en el porcentaje de remoción de As en el reservorio se sugiere aumentar el porcentaje de islas al 25% para asegurar la supervivencia de un mayor número de individuos con las condiciones ambientales reales del área de estudio.
- Experimentar con diferentes especies nativas que hayan sido debidamente estudiadas en procesos de fitorremediación en sistemas hidropónicos, con la finalidad de generar un proceso de adaptación que requiera un menor periodo de tiempo, conservando o mejorando el porcentaje de efectividad.
- Para disminuir los costos de construcción del sistema integral IFA utilizando materiales de origen orgánico como el Bambú o caña guadua, sustituyendo a los materiales de PVC. Hay que recalcar que la especie se puede utilizar siempre y cuando la especie tenga un proceso de adaptación a la zona de estudio y se haya demostrado su flotabilidad con una estructura piloto.
- Realizar un análisis cuantitativo para la especiación del hierro y arsénico. Además, se recomienda utilizar más parámetros, así como la clasificación redox para que la especiación de arsénico y hierro sea más exacta.

15.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abou-Elela, S. I., Hellal, M. S., & Elekhawy, M. A. (2019). Phytoremediation of municipal wastewater for reuse using three pilot-scale HFCW under different HLR, HRT and vegetation: A case study from Egypt. *DESALINATION AND WATER TREATMENT*, 140, 80–90. <https://doi.org/10.5004/dwt.2019.23362>
- Acosta, Y., Cediell, F., & Navas, S. (2017). *Vetiver Innovation* [Universidad Cooperativa de Colombia]. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/4394>
- Aguir, M., & Castillo, Y. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con la Especie Achira (canna indica) como alternativa para la Remocion de Cromo y Coliformes Fecales en Agua Procedente del Rio Cutuchi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5258>
- Aguirre, C. (2019). Grado de eficacia del carbón activado de la cáscara de coco, en la absorción del hierro y plomo del agua de consumos de los estudiantes de la I.E. San Andrés de Paragsha—Simón Bolívar 2018.
- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Cruz, R. K. (2018). Sustancias Naturales: Alternativa para el Tratamiento de Agua del Río Magdalena en Palermo, Colombia. *Información tecnológica*, 29(3), 59–70. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300059>
- Aguirre, S. E., Piraneque, N. V., & Linero-Cueto, J. (2021). Concentración de metales pesados y calidad físico-química del agua de la Ciénaga Grande de Santa Marta. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1). <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1313>
- Ajith, N., & Swain, K. K. (2019). Study on the performance and interaction of different synthetic iron oxides for arsenic uptake using ⁷⁶As radiotracer. *Applied Radiation and Isotopes*, 153, 108807. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2019.108807>
- Ali, Z., Mohammad, A., Riaz, Y., Quraishi, U. M., & Malik, R. N. (2018). Treatment efficiency of a hybrid constructed wetland system for municipal wastewater and its suitability for crop irrigation. *International Journal of Phytoremediation*, 20(11), 1152–1161. <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1460311>

Almache, A., & Lema, C. (2019). *Estudio de viabilidad técnica para el diseño de una planta de tratamiento de agua potable en “la junta de agua los Ilinizas”, cantón Latacunga, en la provincia de Cotopaxi periodo 2018-2019*. Universidad Técnica de Cotopaxi.

Almache, L., & Sinchiguano, L. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con PASTO GUINEA (Panicum máximum) como alternativa para la remoción de TPH (Hidrocarburos Totales de Petróleo) en el agua procedente del río Cutuch*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6262>

Altamirano, M., & Delgado, V. (2020). Contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural “La Fuente”, para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura municipio La Paz Centro, León, Nicaragua. *Revista Torreón Universitario*, 8(23), 58–72. <https://doi.org/10.5377/torreon.v8i23.9533>

American Petroleum Institute. (1983). *Petro Tech Calidad de Sedimentos*. 33.

AM097A. (2015). *Acuerdo Ministerial 097A*. Obtenido de https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Antúnez Sánchez, A., & Guanoquiza Tello, L. L. (2018). La contaminación ambiental en los acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable*, 19, 64–101. <https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>

Arango, C., Álvarez, F., Arango, G., Torres, E., & Monsalve, A. (2008). CALIDAD DEL AGUA DE LAS QUEBRADAS LA CRISTALINA Y LA RISARALDA, SAN LUIS, ANTIOQUIA. *Scielo*, 21. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>

Artero, C., Noguerras, M., & Manuel, A. (2008). pH Sensor. *Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)*, 2. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/12988/PH.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Arshad, M., & Shakoob, A. (2017). Irrigation Water Quality. *Water Int.*

Aveiga Ortiz, A. M., Noles Aguilar, P. J., Peñarrieta Macías, F., & Murgueitio Herrera, E. (2020). Distribución de arsénico en agua superficial y sedimento en la cuenca del río

carrizal, manabí - ecuador. *Scielo*, 16. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v86n3/2309-8740-rsqp-86-03-260.pdf>

Ayala, R. Y., Calderón Ordoñez, E., Rascón, J., & Collazos Silva, R. (2018). Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 2(3), 48. <https://doi.org/10.25127/aps.20183.403>

Banerjee, R., Goswami, P., Pathak, K., & Mukherjee, A. (2016). Vetiver grass: An environment clean-up tool for heavy metal contaminated iron ore mine-soil. *Ecological Engineering*, 90, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.027>

Bautista Olivas, A., Tovar Salinas, J., PalaciosVelez, O., & Mancilla Villa, O. (2011). LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA COMO FUENTE OPCIONAL DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO. *Scielo*, 9. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v45n3/v45n3a3.pdf>

Behbahani, A., Ryan, R. J., & McKenzie, E. R. (2021). Impacts of salinity on the dynamics of fine particles and their associated metals during stormwater management. *Science of The Total Environment*, 777, 146135. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146135>

Bellio, M. G., Kingsford, R. T., & Kotagama, S. W. (2009). Natural versus artificial-wetlands and their waterbirds in Sri Lanka. *Biological Conservation*, 142(12), 3076–3085. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.08.007>

Bocanegra, O. C., & Bocanegra, E. M. (2002). *ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS: SU IMPACTO EN LA SALUD*. 7.

Brookins, D. G. (1988). *Eh-pH Diagrams for Geochemistry*. Springer-Verlag.

Byeon, E., Yoon, Cheolho, & Leea, Jae-Seong. (2021). *Toxicity mechanisms of arsenic compounds in aquatic organisms*. 237(Aquatic Toxicology). <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2021.105901>

Caicedo, G. (2014). *El cultivo de achira: Alternativa de II producción para el pequeño productor*. 8.

- Caicedo, G., Rozo, L., & Bonilla, U. (2000). *La Achira: Su producción y beneficio*. Corpoica.
- Calheiros, C., Carecho, J., Tomasino, M., Almeida, M., & Mucha, A. (2020). Floating Wetland Islands Implementation and Biodiversity Assessment in a Port Marina. *Water*, 20.
- Cánovas, C. R., Olías, M., Nieto, J. M., Sarmiento, A. M., & Cerón, J. C. (2007). Hydrogeochemical characteristics of the Tinto and Odiel Rivers (SW Spain). Factors controlling metal contents. *Science of The Total Environment*, 373(1), 363-382. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.11.022>
- Cao, H., Xie, X., Wang, Y., & Deng, Y. (2021). *The interactive natural drivers of global geogenic arsenic contamination of groundwater*. 597(*Journal of Hydrology*). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126214>
- Carrera, J. (2009). *Con las manos en la tierra cultivando la Achira*. http://www.rapaluruaguay.org/organicos/articulos/Cultivando_Achira.pdf
- Carreño-Sayago, U. F. (2021). Desarrollo de un sistema sostenible de fitorremediación y bioetanol con *E. crassipes*. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(4), 269–292. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-04-06>
- Coaquira, C. (2019). REMOCIÓN DE ARSÉNICO DE AGUAS NATURALES POR PROCESO DE OXIDACIÓN CON HIERRO Y RADIACIÓN SOLAR DEL SECTOR RURAL CARACOTO PUNO. Universidad Nacional del Altiplano.
- Covarrubias, S. A., & Peña Cabriales, J. J. (2017). CONTAMINACIÓN AMBIENTAL POR METALES PESADOS EN MÉXICO: PROBLEMÁTICA Y ESTRATEGIAS DE FITORREMEDIACIÓN. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 15. Obtenido de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>
- Cremona, M. V., & Enriquez, A. S. (2020). *ALGUNAS PROPIEDADES DEL SUELO QUE CONDICIONAN SU COMPORTAMIENTO*: 4.

Chávez, M. (2008). EVALUACIÓN DE DOS TÉCNICAS ANALÍTICAS PARA LA ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUPERFICIALES DEL SUR DEL PERÚ. *Rev Peru Med Exp Salud Publica.*, 7.

Chiriboga, J., & Sánchez, M. (2020). *Evaluación de la capacidad de remoción de contaminantes del sistema islas flotantes artificiales (ifa) con achira (canna indica), vetiver (vetiveria zizanoide), pasto guinea (panicum maximum) y mix (pasto guinea – achira), a través de un modelo matemático.* Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6652>

Davamani, V., Indhu, C., Arulmani, S., Ezra, J., & Poornima, R. (2021). *Hydroponic phytoremediation of paperboard mill wastewater by using vetiver (Chrysopogon zizanioides).* 9(Journal of Environmental Chemical Engineering). <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105528>

De Miguel, Á., Lado, J., Martínez, V., Leal, M., & García, R. (2009). EL CICLO HIDROLÓGICO: EXPERIENCIAS PRÁCTICAS PARA SU COMPRENSIÓN. *IMDEA Agua. Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Alcalá.*, 8.

De Jesus Gaffney, V., Cardoso, V. V., Cardoso, E., Teixeira, A. P., Martins, J., Benoliel, M. J., & Almeida, C. M. M. (2017). Occurrence and behaviour of pharmaceutical compounds in a Portuguese wastewater treatment plant: Removal efficiency through conventional treatment processes. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17), 14717–14734. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9012-7>

Electroconsult. (2001). *Plan Maestro Geotérmico de Nicaragua Evaluación del Área de El Hoyo- Monte Galán.* Comisión Nacional de Energía.

Elías, B. (2018). *EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE LAS RAÍCES DE VETIVER (Vetiveria zizanioides Stapf), CULTIVADO EN GUATEMALA, A ESCALA LABORATORIO.* Universidad de San Carlos de Guatemala.

Estrada, E. (18 de Noviembre de 2018). Arsénico contamina el agua de las parroquias. *La Hora*, pág. 1. Obtenido de <https://lahora.com.ec/cotopaxi/noticia/1102201549/arsenico-contamina-el-agua-de-las-parroquias-#:~:text=El%20agua%20que%20llega%20desde,de%20consumo%20para%20evitar%20e>

nfermedades.&text=Seg%C3%BAAn%20Iza%2C%20esta%20contaminaci%C3%B3n%20es,que%20est%C3%A1%

Farias, S., Casa, V., Vazquez, C., Ferpozzi, L., Pucci, G., & Cohen, I. (2003). Natural contamination with arsenic and other trace elements in ground waters of Argentine Pampean Plain1. *The Science of The Total Environment*, 309(1–3), 187–199. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(03\)00056-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(03)00056-1)

Fernández, P., Sommer, I., Cram, S., Rosas, I., & Gutiérrez, M. (2005). The influence of water-soluble As(III) and As(V) on dehydrogenase activity in soils affected by mine tailings. *Science of The Total Environment*, 348(1–3), 231–243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.065>

Fonseca, K., Ruiz, J., Espitia, E., Campaña, E., & Moreno, E. (2020). Phytoremediation of arsenic-contaminated waters by artificial floating island: Literature review. *Revista de La Facultad de Agronomía, Universidad Del Zulia*, 38(1), 199–215. [https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n1.010](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.010)

Fonseca Largo, K. M., Ruiz Depablos, J. L., Espitia Sarmiento, E. F., & Llugsha Moreta, N. M. (2020). Artificial Floating Island with Vetiver for Treatment of Arsenic-Contaminated Water: A Real Scale Study in High-Andean Reservoir. *Water*, 13. Obtenido de file:///C:/Users/pc/Downloads/water-12-03086.pdf

GAD Parroquial de Tanicuchi. (2019). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT) 2019-2023*.

GAD Provincial de Cotopaxi. (2019). *Directorio completo de servidores del GAD de Cotopaxi*. Latacunga, Ecuador.

Gallegos, W., & Aguilar, D. (2020). *DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL DE FLUJO UBSUPERFICIAL PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK* [Universidad Internacional SEK]. <http://repositorio.uisek.edu.ec/handle/123456789/3829>

Galetovic Carabantes, A., & De Fernicola, N. (2003). Arsénico en el agua de bebida: un problema de salud pública. *SciELO*, 39(4), 8. Obtenido de <https://www.scielo.br/pdf/rbcf/v39n4/03.pdf>

García de la Fuente, C. (2013). Parámetros fisicoquímicos del agua. *PValbeitar*, 4. Obtenido de https://www.adiveter.com/ftp_public/A3081113.pdf

García Huamán, F. T., Torres Delgado, J., & Vargas Medrano, S. E. (2011). CALIDAD ECOLÓGICA DEL AGUA DEL RÍO UTCUBAMBA EN RELACIÓN A PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. AMAZONAS, PERÚ. *SCIENDO-UNITRU*, 13. Obtenido de https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/533/pdf_10

Gersberg, R., Lyon, S., Brenner, R., & Elkins, B. (1989). *Integrated Wastewater Treatment Using Artificial Wetlands: A Gravel Marsh Case Study* (1ra Edición). CRC Press.

Gómez-Duarte, O. (2018). Contaminación de agua en países de bajos y medianos recursos es un problema de salud pública global. *Revista de la Facultad de Medicina*, 66(1), 7–8. <https://doi.org/10.15446/revfacmed.v66n1.70775>

Gualdrón Durán, L. E. (2016). EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RÍOS DE COLOMBIA USANDO PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS. *Dinámica Ambiental*, 20. Obtenido de <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/4593/3916>

Huang, Q., Liu, Q., Lin, L., Li, F.-J., Han, Y., & Song, Z.-G. (2018). Reduction of arsenic toxicity in two rice cultivar seedlings by different nanoparticles. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159, 261–271. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.05.008>

Inskeep, W. P., Macur, R. E., Harrison, G., Bostick, B. C., & Fendorf, S. (2004). Biomineralization of As(V)-hydrous ferric oxyhydroxide in microbial mats of an acid-sulfate-chloride geothermal spring, Yellowstone National Park. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 68(15), 3141–3155. <https://doi.org/10.1016/j.gca.2003.09.020>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). NTE INEN 2169:2013. AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS (Primera Edición).

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2014). NTE INEN-ISO 5667-3. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. PARTE 3: CONSERVACIÓN Y MANIPULACIÓN DE LAS MUESTRAS DE AGUA (ISO 5667-3:2012, IDT).

Jiménez, P. (2018). *Diagnóstico de la presencia y contaminación por arsénico en el suelo y agua de consumo en la parroquia Papallacta*. Escuela Politécnica Nacional.

Kaur, H., Bahl, S., Patil, D., & Keshri, R. (2021). *Review of Literature of Canna indica and its Potential Use as an Antiviral Agent for COVID-19*. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*. <https://doi.org/10.31033/ijrasb.8.4.5>

Khadija, D., Hicham, A., Rida, A., Hicham, E., Nordine, N., & Najlaa, F. (2021). Surface water quality assessment in the semi-arid area by a combination of heavy metal pollution indices and statistical approaches for sustainable management. *Environmental Challenges*, 5, 100230. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100230>

Kiiskila, J. D., Sarkar, D., Feuerstein, K. A., & Datta, R. (2017). A preliminary study to design a floating treatment wetland for remediating acid mine drainage-impacted water using vetiver grass (*Chrysopogon zizanioides*). *Environmental Science and Pollution Research*, 24(36), 27985–27993. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0401-8>

Kumar, A., Singh, A., Das, N., & Kumar, M. (2021). *Health risk associated with consumption of arsenic contaminated groundwater in the Ganga and the Brahmaputra floodplain of India*. 3(Case Studies in Chemical and Environmental Engineering). <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2021.100103>

Kumar Mishra, V., Shukla, R., & Kumar Sharma, N. (2021). Chapter 5 - Application of constructed wetland; a natural treatment system for environmentally sustainable domestic sewage treatment. ELSEVIER, 129. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128238288000050>

Kurezyn Robledo, J. A., Kretzschmar, T., & Hinojosa Corona, A. (2007). Evaluación del escurrimiento superficial en el noreste del Valle de Guadalupe, B.C., México, usando el método de curvas numeradas y datos de satélite. *Scielo*, 14. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmcg/v24n1/v24n1a1.pdf>

Kusin, F. M., Hasan, S. N., Nordin, N. A., Mohamat Yusuff, F., & Ibrahim, Z. Z. (2018). FLOATING VETIVER ISLAND (FVI) AND IMPLICATION FOR TREATMENT SYSTEM DESIGN OF POLLUTED RUNNING WATER. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH*, 14. Obtenido de http://www.aloki.hu/pdf/1701_497510.pdf

Labeledzki, L. (2011). *Evapotranspiration*. BoD – Books on Demand, 2011. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=YheaDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR11&dq=evapotranspiration&ots=ZaEFhdx_4u&sig=RciXFV9esPJT1YYrFkzF6dOq5D8&redir_esc=y#v=onepage&q=evapotranspiration&f=false

Laino, R., Bello, R., González, M., Ramírez, N., Jiménez, F., & Musálem, K. (2015). *Concentración de metales en agua y sedimentos de la cuenca alta del río Grijalva, frontera México-Guatemala*. 14.

Lara, X. M. S., & Narváez, A. (2020). *Evaluación de la utilización de islas flotantes como método de biorremediación en el estero palanqueado* [Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/51396>

Leist, M., Casey, R. J., & Caridi, D. (2000). The management of arsenic wastes: Problems and prospects. *Journal of Hazardous Materials*, 76(1), 125–138. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(00\)00188-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(00)00188-6)

Leonardi, N., Gilligan, G. M., & Panico, R. L. (2020). Carcinoma Oral de Células Escamosas Asociado con la Exposición al Arsénico: Una Serie de Casos de Argentina. *Scielo*, 14(4), 6. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijodontos/v14n4/0718-381X-ijodontos-14-04-596.pdf>

Lewis, D. R., Southwick, J. W., Ouellet-Hellstrom, R., Rench, J., & Calderon, R. L. (1999). Drinking water arsenic in Utah: A cohort mortality study. *Environmental Health Perspectives*, 107(5), 359–365. <https://doi.org/10.1289/ehp.99107359>

Li, Y., Pan, J., Chen, X., Xue, S., Feng, J., Muhammad, T., & Zhou, B. (2019). Dynamic effects of chemical precipitates on drip irrigation system clogging using water with high sediment and salt loads. *Agricultural Water Management*, 213, 833–842. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.11.021>

Lillo, J. (2008). *Peligros geoquímicos: Arsénico de origen natural en las aguas*. 33.

López, L. (2021). *Relación entre la exposición al arsénico por el agua de consumo y el estrés oxidativo en pobladores del distrito de Molinos-Jauja*.

López, R. A. N., & Vong, Y. M. (2004). *Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones*. 15.

Lu, S., Gao, X., Wu, P., Li, W., Bai, X., Sun, M., & Wang, A. (2019). Assessment of the treatment of domestic sewage by a vertical-flow artificial wetland at different operating water levels. *Journal of Cleaner Production*, 208, 649–655. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.10.111>

MAGAP. (2020). Beneficiarios de la Junta de Riego Toacaso, en Cotopaxi, recibieron oficialmente la infraestructura riego [Ministerio de Agricultura y Ganadería]. <https://www.agricultura.gob.ec/beneficiarios-de-la-junta-de-riego-toacaso-en-cotopaxi-recibieron-oficialmente-la-infraestructura-riego/>

Maderey Rascón, L. E. (2005). *Principios de Hidrogeografía*. CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=0S3XDWsDzSAC&oi=fnd&pg=PA5&dq=ciclo+hidrol%C3%B3gico+del+agua&ots=2S5Hiul2VJ&sig=mHqdwsapfVKN5VlqyAf_eTS-0kA&redir_esc=y#v=onepage&q=ciclo%20hidrol%C3%B3gico%20del%20agua&f=false

Maderey Rascón, L. E., & Jiménez Román, A. (2000). Alteración del ciclo hidrológico en la parte baja de la cuenca alta del río Lerma por la transferencia de agua a la Ciudad de México. *SciELO*, 38. Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n45/n45a3.pdf>

MAAET, (2016). *Directorio completo de la institución MAAET*.

Marín Galvín, R. (2006). *Fisicoquímica y Microbiología de los medios acuáticos, tratamiento y control de calidad de aguas*. Díaz de Santos. Obtenido de <https://www.editdiazdesantos.com/wwwdat/pdf/9788490522103.pdf>

Marsidi, N., Abu Hasan, H., & Sheikh Abdullah, S. R. (2018). A review of biological aerated filters for iron and manganese ions removal in water treatment. *Journal of Water Process Engineering*, 23, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2018.01.010>

Masinire, F., Adenuga, D., Tichapondwa, P., & Chirwa, E. (2021). Fitorremediación de Cr (VI) en aguas residuales utilizando pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*). *ELSEVIER*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0892687521003708>

- McFarland, M. L., & Dozier, M. C. (2001). Problemas del agua potable: El hierro y el manganeso. 6.
- Medina-Pizzali, M., Robles, P., Mendoza, M., & Torres, C. (2018). Ingesta de arsénico: El impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(1), 93. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>
- Mite, F., Carrillo, M., & Durango, W. (2010). *Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador*. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).
- Montoya, E. A. R., Hernández, L. E. M., & Escareño, M. P. L. (2015). *Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos*. 16.
- Morillo, D., Pérez, G., & Valiente, M. (2015). Efficient arsenic(V) and arsenic(III) removal from acidic solutions with Novel Forager Sponge-loaded superparamagnetic iron oxide nanoparticles. *Journal of Colloid and Interface Science*, 453, 132-141. <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2015.04.048>
- Morocho, J. (2013). *La achira y su aplicación en la cocina de tendencia vanguardista*. Universidad de Cuenca.
- Munive, R., Loli, O., Azabache, A., & Gamarra, G. (2018). Phytoremediation with corn (*Zea mays* L.) and Stevia compost on soils degraded by contamination with heavy metals. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 551–560. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.11>
- Oliveira, G., Colares, G., Lutterbeck, C., Dell’Osbel, N., Machado, E., & Rodrigues, L. (2021). Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. ELSEVIER, 15. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972100677X>
- Oluoch, J. O. (2018). Phytoremediation Potential of *Cyperus Alternifolius*, *Cyperus Dives* and *Canna Indica* in Flamingo Farm Constructed Wetland, Naivasha Sub-County, Kenya. 74.
- Ortigoza, N., & Cubas, N. (2018). *II Jornada Científica sobre Geología del Paraguay y Ciencias Afines*.

- Ortiz, D., & Mena, P. (2005). *Páramo y contaminación*. Editorial Abya Yala.
- Passos, J. M. H., & Gil, J. V. A. (2017). *Evaluación de parámetros de resistencia al corte en suelos de ladera cubiertos con vetiver*. 7.
- Patil, S. (2019). Gestión de aguas residuales domésticas: las islas flotantes acuden al rescate. *Revista Internacional de Botánica*, 58. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/333014893_Domestic_wastewater_Management_Floating_islands_come_to_a_rescue
- Pabón-Guerrero, S. E., Benítez-Benítez, R., Sarria-Villa, R. A., & Antonio, J. (2021). Synthesis of iron oxide nanoparticles using aqueous extract of. 7.
- Ponce, R. (2020). *EVALUACION DEL POTENCIAL DE VETIVER Vetiveria zizanioides (L.) Nash. PARA ESTABLECERSE EN SUELOS DE ZONAS MINERAS EN MADRE DE DIOS*. Universidad Nacional Amazónica Madre de Dios.
- Prieto Méndez, J., Gonzáles Ramirez, C. A., Roman Gutiérrez, A. D., & Prieto García, F. (2009). Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Redalyc*, 17. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- Rahman, M. A., & Hasegawa, H. (2011). Aquatic arsenic: Phytoremediation using floating macrophytes. *Chemosphere*, 83(5), 633–646. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.02.045>
- Reimer, K. J. (1989). *Arsenic Speciation in the Environment*. 52.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Díaz, M., & Gonzáles, E. (2016). CONTAMINACIÓN POR METALES PESADOS: IMPLICACIONES EN SALUD, AMBIENTE Y SEGURIDAD ALIMENTARIA. *Redalyc*, 12. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096110>
- Rincón Silva, N. G. (2017). Evaluación de parámetros físico-químicos del agua en el proceso de potabilización del río Subachoque. *Udistrital*, 18. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/tecges/article/view/12123/12695>

Rivera, I. (2018). *Evaluación del potencial fitorremediador del vetiver (Chrysopogon Zizanioides) sobre aluminio, cromo y cobre en la laguna de oxidación del municipio de Jerusalén (Cundinamarca)* [Universidad El Bosque]. <http://hdl.handle.net/20.500.12495/3438>

Rodríguez, A., Rebolledo, C., & Escalona, Y. (2017). *Acciones para favorecer la gestión del desarrollo sostenible a partir de la utilización del cultivo del Vetiver (Chrysopogon zizanioides, l. Roberty): El caso de la Marroquina*. 16.

Rodríguez, J. P. (2010). Contaminación del agua. Fundación en causa por el desarrollo humano.

Rodríguez Loaiza, D. C. (2020). Humedales artificiales subsuperficiales: Comparación de metodologías de diseño para el cálculo del área superficial basado en la remoción de la materia orgánica. *Ingenierías USBMed*, 11(1), 65–73. <https://doi.org/10.21500/20275846.4558>

Rodríguez Zamora, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre. *Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica*, 10. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>

Rojas, E. M. (2008). *ESCALAS O ÍNDICES PARA LA MEDICIÓN DE CONSTRUCTOS: EL DILEMA DEL ANALISTA DE DATOS*. 10.

Romero, C. (2017). *Determinación de cadmio y plomo por espectroscopía de absorción atómica con horno de grafito en pastos del cantón Quero afectados por las cenizas del volcán Tungurahua*. Universidad Técnica de Ambato .

Rowan, A. C., Irala, C. Z., & Zamora, C. Q. (2018). *Humedales Artificiales, una alternativa para la depuración de Aguas Residuales en el Municipio de Mizque, Bolivia*. 23.

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y., & Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e Investigación*, 11. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>

Sánchez, N., Peñuela, G., & Casas, J. (2008). *HUMEDALES ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES*. Tendencias de la investigación en ingeniería ambiental.

Sánchez, S., & Oviedo, S. (2019). *Control de la erosión de taludes mediante el uso de Vetiver y Micorrizas Arbusculares, zona de Soceagro en el municipio de Villavicencio – Meta* [Universidad Santo Tomás]. <http://hdl.handle.net/11634/16790>

Santacruz, S., Koch, K., Svensson, E., Ruales, J., & Eliasson, A. (2002). *Three underutilised sources of starch from the Andean region in Ecuador*. Physico- chemical characterisation.

Sarmiento, A. M., Nieto, J. M., Casiot, C., Elbaz-Poulichet, F., & Egal, M. (2009). Inorganic arsenic speciation at river basin scales: The Tinto and Odiel Rivers in the Iberian Pyrite Belt, SW Spain. *Environmental Pollution*, 157(4), 1202-1209. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2008.12.002>

Sanz, B. F., & Martínez, M. Á. C. (s. f.). *FACULTAD DE FARMACIA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE*. 21.

Schosinsky, G., & Losilla, M. (2000). MODELO ANALÍTICO PARA DETERMINAR LA INFILTRACIÓN CON BASE EN LA LLUVIA MENSUAL. *Revista Geológica de América Centra*, 13. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/8579/8102>

Segovia, A., & Zambrano, V. (2021). *Eficiencia del pasto vetiver (Chrysopogon zizanioides) en la remoción de la carga contaminante de las aguas residuales de la industria de almidón*. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí.

Shahid, M. J., Arslan, M., Ali, S., Siddique, M., & Afzal, M. (2018). Floating Wetlands: A Sustainable Tool for Wastewater Treatment. *CLEAN - Soil, Air, Water*, 46(10), 1800120. <https://doi.org/10.1002/clen.201800120>

Shahid, M. J., Ali, S., Shabir, G., Siddique, M., Rizwan, M., Seleiman, M. F., & Afzal, M. (2020). Comparing the performance of four macrophytes in bacterial assisted floating treatment wetlands for the removal of trace metals (Fe, Mn, Ni, Pb, and Cr) from polluted river water. *Chemosphere*, 243, 125353. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125353>

Sharma, R., Vymazal, J., & Malaviya, P. (2021). Application of floating treatment wetlands for stormwater runoff: A critical review of the recent developments with emphasis on heavy metals and nutrient removal. *Science of The Total Environment*, 777, 146044. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146044>

Siyar, R., Doulati Ardejani, F., Farahbakhsh, M., Norouzi, P., Yavarzadeh, M., & Maghsoudy, S. (2020). Potential of Vetiver grass for the phytoremediation of a real multi-contaminated soil, assisted by electrokinetic. *Chemosphere*, 246, 125802. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125802>

Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source, behaviour and distribution of arsenic in natural waters. *Applied Geochemistry*, 17(5), 517–568. [https://doi.org/10.1016/S0883-2927\(02\)00018-5](https://doi.org/10.1016/S0883-2927(02)00018-5)

Song, X., Wang, Y., Zhou, L., Luo, X., & Liu, J. (2021). Halloysite nanotubes stabilized polyurethane foam carbon coupled with iron oxide for high-efficient and fast treatment of arsenic(III/V) wastewater. *Chemical Engineering Research and Design*, 165, 298-307. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2020.11.001>

Stöhrer, G. (1991). *Arsenic: opportunity for risk assessment*. *Arch Toxicol*. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/BF01973711>

Terneus Jácome, E., & Yanez-Moreta, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja*, 27(1), 36–50. <https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>

Toapanta, V., & Sumba, D. (2019). *Islas Flotantes Artificiales con Vetiver (vetiveria zizanioides) como alternativa para la remoción de Nitratos, Fosfatos y Plomo en Agua procedente del Río Cutuchi*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5266>

Tomalá, R. W. S. (2021). FITORREMEDIACIÓN: UNA ALTERNATIVA PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN POR HIDROCARBUROS DE PETRÓLEO EN ECUADOR. 30.

Tovar, C., Zapata, C., Bernal, C., & Díaz, X. (2020). *Estudio de las anomalías de arsénico en las fuentes de agua de la parroquia Toacaso, aledañas al complejo volcánico los Ilinizas*. Escuela Politécnica Nacional.

To, T. B., Nordstrom, D. K., Cunningham, K. M., Ball, J. W., & McCleskey, R. B. (1999). New Method for the Direct Determination of Dissolved Fe(III) Concentration in Acid Mine Waters. *Environmental Science & Technology*, 33(5), 807–813. <https://doi.org/10.1021/es980684z>

TULSMA. (2015). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA*. Asamblea Nacional. Obtenido de <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112180.pdf>

Universidad Técnica de Cotopaxi. (s.f.). *UTC*. Obtenido de <https://www.utc.edu.ec/UTC/La-Universidad#:~:text=En%20la%20actualidad%20existe%20un,bajo%20el%20C%C3%B3digo%20de%20Trabajo>.

USEPA. (2010). *Arsenic in drinking water*. Obtenido de <http://water.epa.gov/lawsregs/sdwa/arsenic/index.cfm>

Vaca Mora, A. (2016). Arsénico en Aguas y suelos de Tumbaco: un estudio de las fuentes y procedimientos tecnológicos para mitigar su impacto ambiental. *ResearchGate*, 48. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/290820881_Arsenico_en_Aguas_y_suelos_de_Tumbaco_un_estudio_de_las_fuentes_y_procedimientos_tecnologicos_para_mitigar_su_impacto_ambiental

Vaquero, M. P. (2010). Deficiencia y sobrecarga de hierro. Implicaciones en el estado oxidativo y la salud cardiovascular. *NUTRICION HOSPITALARIA*, 3. <https://doi.org/10.3305/nh.2010.25.3.4583>

Villena Chávez, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Scielo*, 5. Obtenido de <https://www.scielo.org/pdf/rpmesp/2018.v35n2/304-308/es>

Yang, S., Zhang, H., Kong, M., Liu, Y., Liu, H., & Xu, R. (2014). *Study on surficial soil geochemistry in the high-elevation and -frigid mountainous region: A case of Qulong porphyry copper deposit in Tibet*. Beijing; China: Journal of Geochemical Exploration. doi:<https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2013.06.001>

WHO. (2011). *World Health Organization. Guidelines for drinking Water quality (3a edición)* (Vol. 1).

Wolverton, B., & McDonald, R. (1975). *Water hyacinth and alligator weeds for removal of silver, cobalt and strontium from polluted waters*. Nasa Technical Memorandum.

Wu, W., Song, X., Jin, Q., Ying, H., & Zou, G. (2000). *Study on soilless culture of *Canna* on fish pond*. *Chin. J. Applied Environ.*

Yeh, N., Yeh, P., & Hsiou Chang, Y. (2015). Artificial floating islands for environmental improvement. *ELSEVIER*, 7. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115002439>

Zambrano Franco, D. A., & Isaza Hinestroza, J. D. (1998). DEMANDA QUIMICA DE OXÍGENO Y NITRÓGENO TOTAL, DE LOS SUBPRODUCTOS DEL PROCESO TRADICIONAL DE BENEFICIO HÚMEDO DEL CAFÉ. *Cenicafe*, 11. Obtenido de [https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049\(04\)279-289.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/arc049(04)279-289.pdf)

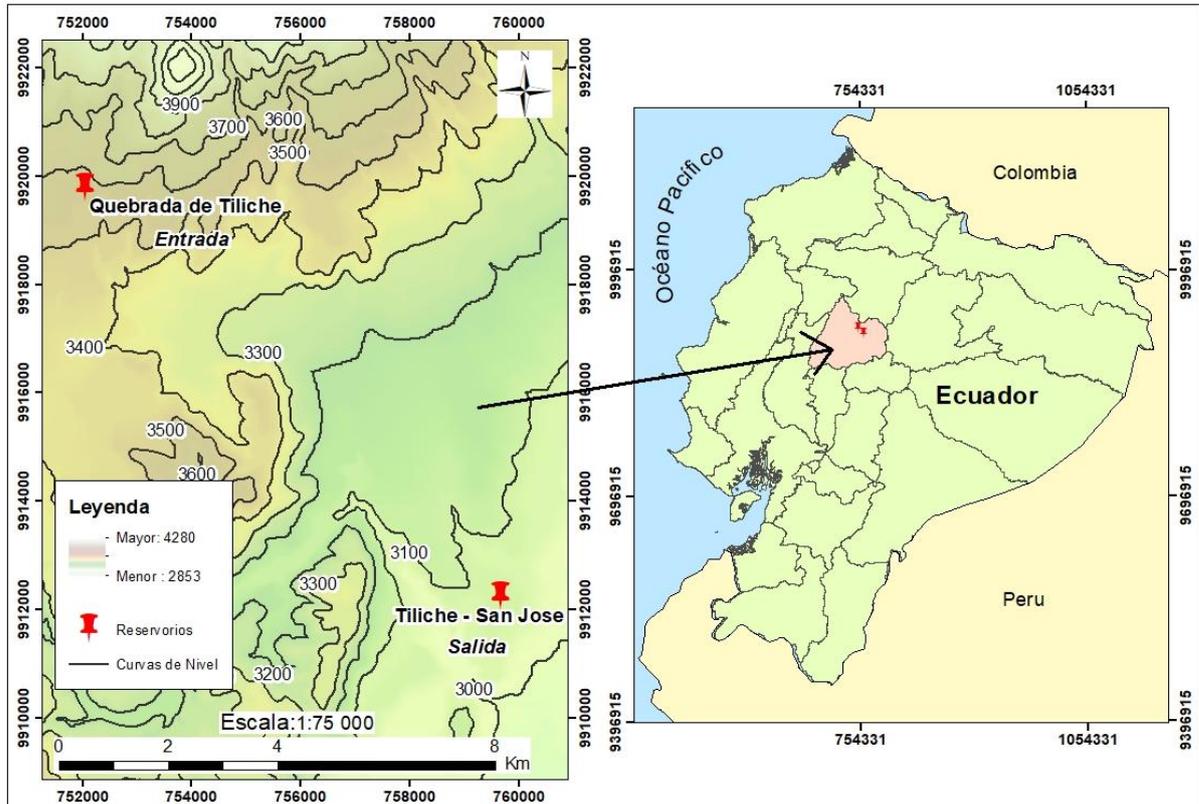
Zambrano, R., González, L., Aranguré, F., Espinosa, M., & Paredes, J. (2007). *¿Arsénico en Nayarit?* <http://dspace.uan.mx:8080/jspui/handle/123456789/2132>

Zhang, M., Huang, J.-C., Sun, S., Ur Rehman, M. M., He, S., & Zhou, W. (2021). Impact of functional microbes on nitrogen removal in artificial tidal wetlands in the Yangtze River estuary: Evidence from molecular and stable isotopic analyses. *Journal of Cleaner Production*, 287, 125077. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125077>

16.ANEXOS

Anexo 1. Zona de Estudio.

Ilustración 1. Mapa de Ubicación.



Anexo 2. Adaptación del pasto vetiver y achira en el estudio.

Ilustración 2. Limpieza y abonado del suelo.



Ilustración 3. Adaptación del vetiver en el suelo.



Ilustración 4. Adaptación del vetiver en el agua.



Ilustración 5. Adaptación de achira en el suelo.



Ilustración 6. Adaptación de achira en el agua.



Ilustración 7. Transporte de las especies.



Anexo 3. Construcción de la matriz Flotante.

Ilustración 8. Matrices Flotantes.



Ilustración 9. Aplicación del sustrato y las especies vegetativas.



Anexo 4. Elaboración del sustrato (Fibra de Coco).

Ilustración 10. Deshilado de la fibra de coco.



Ilustración 11. Lavado en sal (NaCl).



Ilustración 12. Lavado de la fibra de coco.



Ilustración 13. Secado de la fibra de coco.



Anexo 5. Identificación del reservorio y toma de sedimentos.

Ilustración 14. Toma de medidas del reservorio.



Ilustración 15. Toma de la muestra de agua.



Ilustración 16. Estabilización de la muestra.**Ilustración 17.** Toma de muestra de sedimentos.**Anexo 6.** Toma de muestra en los Ilinizas (naciente del agua).**Ilustración 18.** Identificación de la zona de muestreo.**Ilustración 19.** Toma de la muestra de agua.**Ilustración 20.** Toma de muestra de sedimentos.**Ilustración 21.** Grupo de Investigación.

Anexo 7. Disposición Final del Material Vegetativo.**Ilustración 22.** Embalado de las especies saturadas con los contaminantes.**Ilustración 23.** Embalado para su entrega al gestor ambiental.

Anexo 8. Resultados de las concentraciones de As y Fe en el Agua. Laboratorio CICAM.



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-167

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 167
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	N° de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-03-31	Plástico	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	X-01			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Natural			
Lugar de muestreo:	Páramo de los Ilinizas UTM (17M) X=752770,53 Y=9921955,86 Altitud: 3773 m			
Origen de la muestra:	Cliente			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	3,07
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	9,76

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-168

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 168
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-31
Rotulación de la muestra: Y-01
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Sedimentos
Lugar de muestreo: Páramo de los Ilinizas
UTM (17M)
X=752770,53
Y=9921955,86
Altitud: 3773 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico **N° de envases:** 1 **Preservante:** Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/Kg	9228,08
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/Kg	35028,68

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro 
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 29 de marzo de 2021

No.IRS-21-135

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-03-16
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-037
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-135
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 26 de marzo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 12,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-15
Rotulación de la muestra: C-01
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche UTM (17M)
Origen de la muestra: X=752053,00
Y= 9919800,00
Altitud: 3548 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,11
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,71

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-164

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacom@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 164
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-26
Rotulación de la muestra: C-02
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 m
Origen de la muestra: Cliente
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,15
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,95

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-166

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 166
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-29
Rotulación de la muestra: C-03
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche UTM (17M)
Origen de la muestra: X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,31
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,28

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-170

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 170
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-04-08
Rotulación de la muestra: C-04
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche UTM (17M)
Origen de la muestra: X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 2
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,796
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,00

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 18 de junio de 2021

No.IRS-21-224

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-14
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-064
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 224
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 18 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-02
Rotulación de la muestra: C-05
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada Tiliche UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 m
Origen de la muestra:
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	2,98
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	10,86

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 18 de junio de 2021

No.IRS-21-226

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarquí N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-14
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-064
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 226
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 18 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-09
Rotulación de la muestra: C-06
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - Quebrada Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 m

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 3
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	5,86
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	18,13

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo JimpiKit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 21 de junio de 2021

No.IRS-21-241

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-17
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-070
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 241
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 18 al 21 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-15
Rotulación de la muestra: C-07
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Origen de la muestra: Altitud: 3548 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 3
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,10
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,60

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 08 de julio de 2021

No.IRS-21-272

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacomc@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-06
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-086
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21 - 272
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 al 08 julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 13,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-23
Rotulación de la muestra: C-08
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada Tiliche UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Origen de la muestra: Altitud: 3548 msm

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 1
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,35
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,37

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 08 de julio de 2021

No.IRS-21-274

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-06
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-086
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 274
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 al 08 julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 13,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-30
Rotulación de la muestra: C-09
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Origen de la muestra: Altitud: 3548 msm

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,580
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,17

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-309

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacom@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 309
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-07
Rotulación de la muestra: C-10
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 msm

Tipo de envase: Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,38
(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,53

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-311

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarquí N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacom@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 311
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-15
Rotulación de la muestra: C-11
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Origen de la muestra: Altitud: 3548 msm

Tipo de envase: Plástico **N° de envases:** 2 **Preservante:** Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,90
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	6,28

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-313

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 313
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-21
Rotulación de la muestra: C-12
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Origen de la muestra: Altitud: 3548 msm

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 2
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁵⁾ Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,74
⁽⁶⁾ Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	5,47

Acreditaciones:

⁽⁶⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-315

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-315
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-29
Rotulación de la muestra: C-13
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Origen de la muestra: Altitud: 3548 msm

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 2
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,86
(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	5,95

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de agosto de 2021

No.IRS-21-350

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarquí N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-20
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-109
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-350
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 27 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-08-04
Rotulación de la muestra: C-14
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche UTM (17M)
X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 msm
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	2,29
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	5,81

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de agosto de 2021

No.IRS-21-352

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-20
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-109
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 352
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 27 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-08-18
Rotulación de la muestra: C-15
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche UTM (17M)
Origen de la muestra: X=752053,00
Y=9919800,00
Altitud: 3548 msm
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 2
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁵⁾ Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,64
⁽⁶⁾ Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	5,89

Acreditaciones:

⁽⁶⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de septiembre de 2021

No.IRS-21-371

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Gaamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-03
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-114
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-371
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-08-27	Plástico	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	C-16			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Natural			
Lugar de muestreo:	Reservorio Quebrada de Tiliche UTM (17M) X=752053,00 Y=9919800,00			
Origen de la muestra:	Altitud: 3548 msm			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/L	1,56
(c) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	5,11

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 29 de marzo de 2021

No.IRS-21-136

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarquí N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-03-16
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-037
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-136
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 24 al 26 de marzo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 12,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-15
Rotulación de la muestra: D-01
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Sedimento
Lugar de muestreo: Reservorio Quebrada de Tiliche
UTM (17M)
X=752053,00
Y= 9919800,00
Altitud: 3548 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nºde envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/Kg	19273
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/Kg	87240

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 08 de febrero de 2021

No.IRS-21-059

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: dayana_camino@hotmail.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-02-03
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-011
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 059
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 05 de febrero de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 4,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-02-02
Rotulación de la muestra: A01
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche-San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y= 9912242,39
Altitud: 3113 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 3
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,720
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,45

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de marzo de 2021

No.IRS-21-130

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-03-09
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-034
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 130
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 10 al 12 de marzo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 4,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-08
Rotulación de la muestra: A02T
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche-San José UTM (17M)
Origen de la muestra: X=759674,96
Y= 9912242,39
Altitud: 3113 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 3
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,745
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,06

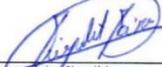
Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 29 de marzo de 2021

No.IRS-21-134

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 056000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-03-16
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-037
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-134
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 26 de marzo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 12,1°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-15
Rotulación de la muestra: A-03
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche-San José UTM (17M)
Origen de la muestra: X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,678
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,80

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe


Revisado por: Jairo Limpikit
RESPONSABLE TÉCNICO


Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-163

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-163
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-26
Rotulación de la muestra: A-04
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Origen de la muestra: Cliente
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,645
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,05

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-165

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 165
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-03-29
Rotulación de la muestra: A-05
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
Origen de la muestra: X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N°de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁴⁾ Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,743
⁽⁴⁾ Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	1,08

Acreditaciones:

⁽⁴⁾ Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe


Revisado por: Jaíro Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO


Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 17 de mayo de 2021

No.IRS-21-169

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-04-27
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-047
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 169
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 29 de abril al 03 de mayo de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-04-08
Rotulación de la muestra: A-06
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José UTM (17M)
Origen de la muestra: X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
N°de envases: 2
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,45
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7090 B	mg/L	4,71

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 18 de junio de 2021

No.IRS-21-223

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 056000110001
Dirección: Tarqui Nº 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-14
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-064
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 223
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 18 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-02
Rotulación de la muestra: A-07
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Origen de la muestra:
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,58
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,71

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas

La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera

El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados

En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa

Prohibida la reproducción parcial de este informe


Revisado por: Jairo Jimpiak
RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 18 de junio de 2021

No.IRS-21-225

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacom@yaho.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-14
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-064
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-225
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 15 al 18 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-09
Rotulación de la muestra: A-08
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Origen de la muestra:
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico **Nº de envases:** 3 **Preservante:** Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	2,24
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	6,84

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe


Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO




Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 21 de junio de 2021

No.IRS-21-240

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-17
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-070
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 240
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 18 al 21 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-15
Rotulación de la muestra: A-09
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 m
Origen de la muestra:
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 3
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,931
(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,93

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 08 de julio de 2021

No.IRS-21-271

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarquí Nº 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-06
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-086
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 271
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 al 08 julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 13,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-23
Rotulación de la muestra: A-10
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche-San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Origen de la muestra: Altitud: 3113 msm

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,908
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,44

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 08 de julio de 2021

No.IRS-21-273

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacom@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-06
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-086
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 273
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 al 08 julio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 13,2°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-06-30
Rotulación de la muestra: A-11
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche-San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Origen de la muestra: Altitud: 3113 msm

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 1
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	0,922
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	2,16

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO





**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-308

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 308
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-07
Rotulación de la muestra: A-12
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 msm

Tipo de envase: Plástico
N° de envases: 1
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,21
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,77

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-310

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
 Provincia de Cotopaxi
 Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
 Cédula / RUC: 0560000110001
 Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
 Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
 Teléfono celular: 0998049714
 Correo electrónico: mpadillajacom@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
 No. Oferta de Servicio: OF20-174
 No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
 Código de la muestra: MS-21-310
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
 Fecha de muestreo: 2021-07-15
 Rotulación de la muestra: A-13
 Tipo de muestreo: Puntual
 Tipo de muestra: Agua Natural
 Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
 UTM (17M)
 X=759674,96
 Y=9912242,39
 Origen de la muestra: Altitud: 3113 msm

Tipo de envase: Plástico
N°de envases: 2
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,30
(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,75

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
 La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
 El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
 En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
 Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jaifo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-312

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacombe@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 312
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-21
Rotulación de la muestra: A-14
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 msm

Tipo de envase: Plástico
N°de envases: 2
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,42
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	4,15

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Rieaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253
Tel.: (+593-2) 2976300 / 3938780 Ext.: 2151 • Línea directa: (+593-2) 3938864 • Apartado 17-01-2759 • E-mail: cicam@epn.edu.ec
Quito - Ecuador



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 06 de agosto de 2021

No.IRS-21-314

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarquí N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-07-30
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-101
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 314
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 al 06 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-07-29
Rotulación de la muestra: A-15
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
X=759674,96
Y=9912242,39
Origen de la muestra: Altitud: 3113 msm

Tipo de envase: Plástico
N°de envases: 2
Preservante: Ácido

Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,32
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,78

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de agosto de 2021

No.IRS-21-349

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 056000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-20
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-109
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 349
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 27 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	N°de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-08-04	Plástico	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	A16			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Natural			
Lugar de muestreo:	Reservorio Tiliche - San José UTM (17M) X=759674,96 Y=9912242,39			
Origen de la muestra:	Altitud: 3113 msm			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,47
(e) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,65

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 30 de agosto de 2021

No.IRS-21-351

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-08-20
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-109
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 351
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 27 de agosto de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,5°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-08-18
Rotulación de la muestra: A-17
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Reservorio Tiliche - San José
UTM (17M)
Origen de la muestra: X=759674,96
Y=9912242,39
Altitud: 3113 msm
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 2
Preservante: Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg/L	1,20
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg/L	3,23

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jaíro Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de septiembre de 2021

No.IRS-21-370

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-03
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-114
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 370
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-08-27	Plástico	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	A18			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Natural			
Lugar de muestreo:	Reservorio Tiliche - San José UTM (17M) X=759674,96 Y=9912242,39			
Origen de la muestra:	Altitud: 3113 msm			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/L	1,36
(c) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/L	4,00

Acreditaciones:

(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 13 de septiembre de 2021

No.IRS-21-372

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacome@yahoo.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-09-03
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-114
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21-372
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis:
Temperatura de ingreso al laboratorio: 10,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	Estudios de Calidad de Agua de Riego	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-08-27	Plástico	1	Ácido
Rotulación de la muestra:	B-01			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Sedimento			
Lugar de muestreo:	Reservorio Tiliche - San José UTM (17M)			
Origen de la muestra:	X=759674,96 Y=9912242,39 Altitud: 3113 msm			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 / Absorción atómica	mg/Kg	44354,13
^(c) Hierro total	PE-V-59 EPA 7000 B / Absorción atómica	mg/Kg	170200

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
La incertidumbre de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: 
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: 
COORDINADORA DE LABORATORIO



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL**

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



INFORME DE RESULTADOS

Fecha: 14 de junio de 2021

No.IRS-21-185

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente/ Empresa: Gobierno Autónomo Descentralizado de la
Provincia de Cotopaxi
Nombre del Representante: Jorge Gonzalo Guamán Coronel
Cédula / RUC: 0560000110001
Dirección: Tarqui N° 507 y Quito
Teléfono convencional: (03) 2800 416 - 2800 418
Teléfono celular: 0998049714
Correo electrónico: mpadillajacom@yaho.com

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-06-01
No. Oferta de Servicio: OF20-174
No. Solicitud de trabajo: ST-21-056
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 185
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 01 al 10 de junio de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 7,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: Estudios de Calidad de Agua de Riego
Fecha de muestreo: 2021-05-17
Rotulación de la muestra: S001
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Suelo
Lugar de muestreo: Parroquia Alaquez , Barrio Tejar Mireflores
UTM (17M)
Origen de la muestra: X=772149,58
Y=9904709,91
Altitud: 3062 m
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	Absorción atómica / EPA 7010	mg Kg	17,17
^(c) Hierro total	Absorción atómica / EPA 7000 B	mg Kg	20019,44

Acreditaciones:

^(c) Parámetro no acreditado

Mayor información respecto a los métodos, incertidumbres de medición y alcance de la acreditación de los parámetros se encuentra disponible en caso de ser solicitado.

Nota:

Este informe sólo afecta a la muestra sometida a ensayo bajo las condiciones recibidas
La información completa de la medición de este ensayo se encuentra disponible para el cliente, cuando lo requiera
El laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente que puedan afectar la validez de los resultados
En caso de que esta información sea solicitada por ley o disposiciones contractuales se notificará al cliente en forma previa
Prohibida la reproducción parcial de este informe

Revisado por: Jafo Jimpiki
RESPONSABLE TÉCNICO



Aprobado por: MSc. Carola Fierro
RESPONSABLE DE LABORATORIO

Anexo 10. Aval de traducción del resumen del proyecto de investigación.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen del proyecto de investigación al idioma Inglés cuyo título versa: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFA) PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO, A ESCALA REAL EN EL RESERVORIO DEL PROYECTO DE RIEGO TILICHE SAN JOSÉ ALTO EN EL PERIODO 2021 – 2022”**, presentado por **Córdova Cunalata Carlos Daniel y Molina Jácome Cristian Vinicio**, estudiantes de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente** perteneciente a la **Facultad Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales** lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, 25 de marzo del 2022.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**EDISON MARCELO
PACHECO PRUNA**

.....
Lic. Edison Marcelo Pacheco Pruna Mg.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 050261735-0