



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL SISTEMA DE ISLAS
FLOTANTES ARTIFICIALES (IFAV) CON LA ESPECIE PASTO VETIVER
(*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN AGUA CORRIENTE DEL SISTEMA
CENTRAL DE RIEGO TOACASO PERIODO 2021-2022**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingenieros en Medio Ambiente

Autores:

Aimacaña Gualpa Esteban Eduardo

Ayala Oña John Spencer

Tutora

Ruiz Depablos Joseline Luisa Prof. M.Sc.

LATACUNGA - ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA, con cédula de ciudadanía 1724839418 y JOHN SPENCER AYALA OÑA, con cédula de ciudadanía 0504314121 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Evaluación de la remoción de arsénico del sistema de islas flotantes artificiales (ifav) con la especie pasto vetiver (*chrysopogon zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso 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 nuestras ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 23 de marzo del 2022

Esteban Eduardo Aimacaña Gualpa
Estudiante
CC: 1724839418

John Spencer Ayala Oña
Estudiante
CC: 0504314121

Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos
Docente Tutora
CC: 1758739062

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 **AIMACAÑA GUALPA ESTEBAN EDUARDO**, identificado con cédula de ciudadanía **1724839418** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero PhD. 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 de la remoción de arsénico del sistema de islas flotantes artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso 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. - 7 de enero del 2022

Tutora: Ing. M.Sc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Evaluación de la remoción de arsénico del sistema de islas flotantes artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso 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 23 días del mes de marzo del 2022.

Esteban Eduardo Aimacaña Gualpa

EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **AYALA OÑA JOHN SPENCER**, identificado con cédula de ciudadanía **0504314121** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero PhD. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector Encargado, 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 de la remoción de arsénico del sistema de islas flotantes artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso 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. - 7 de enero del 2022

Tutor: MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Tema: “Evaluación de la remoción de arsénico del sistema de islas flotantes artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon Zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso 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 23 días del mes de marzo del 2022.

John Spencer Ayala Oña
EL CEDENTE

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
LA CESIONARIA

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFAV) CON LA ESPECIE PASTO VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN AGUA CORRIENTE DEL SISTEMA CENTRAL DE RIEGO TOACASO PERIODO 2021-2022”, de Aimacaña Gualpa Esteban Eduardo y Ayala Oña John Spencer, 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, 23 de marzo del 2022

Ing. M.Sc Joseline Luisa Ruiz Depablos
DOCENTE TUTORA
CC: 1758739062

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: Aimacaña Gualpa Esteban Eduardo y Ayala Oña John, con el título del Proyecto de Investigación: **“EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFAV) CON LA ESPECIE PASTO VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIODES*) EN AGUA CORRIENTE DEL SISTEMA CENTRAL DE RIEGO TOACASO 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, 23 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)
M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
CC: 0501444582

Lector 2
Ing. Ph.D. Mercy Lucila Ilbay
CC: 0604147900

Lector 3
Ing. Ph.D. Eliana Boada Cahuenas
CC: 1719312892

AGRADECIMIENTO

No hay palabras que puedan llenar el agradecimiento que surge en mi corazón para poder expresar a todas las personas que están a mi lado en estos momentos primero quiero agradecer a dios ya que sin su bendición y su amor no podría haber sido posible estar en estos momentos tan importantes de mi vida a mi madre y padre que merece el reconocimiento especial por ser esas personas que tanto amo e idolatro ya que me enseñaron a ser el hombre que soy ahora

Agradezco a mis familiares que con su atento cariño siempre están al pendiente de mi brindándome sus consejos con su apoyo en las buenas y malas situaciones, a mis amigos por su amistad colectiva además de sincera que pasamos momentos brillantes llenos de alegría y júbilo.

Un caluroso agradecimiento a las autoridades y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Y a los funcionarios de CESA en conjunto con la dirección de junta de agua de riego Toacaso quienes nos dieron la oportunidad de formar parte de tan prestigiosa institución para llevar a cabo nuestros estudios. De igual forma a la MS.c. Joseline Ruiz y a la Ing. Marcia Chancusig quienes nos ayudaron en el presente trabajo con su tiempo y conocimientos necesarios. Así mismo a mi compañero John Ayala por ser una persona muy tranquila y responsable para así poder llegar a ser unos grandes profesionales.

Esteban Eduardo Aimacaña Gualpa

AGRADECIMIENTO

En estas pocas líneas me enorgullece poder agradecer a todas aquellas personas que se vieron involucradas en la realización del presente trabajo de investigación, y que de una u otra manera estuvieron apoyándome para no rendirme. Un especial agradecimiento a mi padre y a mi madre quienes siempre tuvieron las palabras correctas para saber guiarme.

De igual forma a la MSc. Joseline Ruiz, a la Ingeniera Marcia Chancusig, quienes con mucha paciencia decidieron apoyarnos y compartir sus conocimientos, para poder hacer posible que la investigación se cumpliera sin inconveniente alguno.

Agradecer también a mi compañero Esteban Aimacaña por haber compartido conmigo la oportunidad de trabajar codo a codo, juntos para lograr profesionalizarnos. Y a todos mis compañeros y amigos que siempre me apoyaron emocionalmente durante este recorrido.

John Spencer Ayala Oña

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a todas las personas que siempre confiaron en mí y están a mi lado dándome los apoyos necesarios para seguir en este camino que es la vida, que a pesar de los días nublados supieron impulsarme con una palabra de aliento, a quienes me sacaron una sonrisa en los momentos que más necesitaba y en especial a dios le agradezco por darme la fuerza la valentía y el coraje que necesitaba para jamás rendirme ante nada.

A mis padres Carmen Gualpa y Juan Aimacaña que son los mejores amigos, compañeros y padres que la vida me pudo conceder gracias a sus enseñanzas de amor y responsabilidad es posible estar aquí no me alcanzara la vida para decirles lo mucho que los amo y mucho menos para agradecerles todo lo maravilloso que me han hecho sentir ser su hijo de todo corazón gracias amados padres nunca olvidaré su apoyo incondicional y que se sientan orgullosos de mí será mi mayor recompensa.

A mi hermano Ricardo por ser ese hombre valiente que jamás me ha dejado solo que siempre me ha brindado su sabiduría, ejemplo y sus consejos en los momentos más precisos que con sus penas de vida me enseña a seguir a delante y lo importante de tener alguien donde puedas apoyarte cuando caes que con su coraje de carácter me enseña lo más esencial de la vida que es ser agradecido.

A mis amigos y amigas que con sus alegrías y sonrisas supieron hacer más ameno cualquier momento difícil con sus consejos de conocimiento supieron ayudarme de alguna manera y otras personas especiales que las agradezco por ser parte mi vida desde los inicios de mi adolescencia mil gracias y que siempre las llevare en el corazón.

Esteban Eduardo Aimacaña Gualpa

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi madre Nelly Oña, a mis hermanos Antony y Jeniffer, a mis abuelitos Amable Oña, Ana Calahorrano y Carlota Ayala, a mi tía Roció Oña, quienes siempre me apoyaron y aconsejaron guiándome por un camino correcto para lograr ser una persona de bien y lograr así ser un profesional.

Una dedicatoria especial para mi padre Javier Ayala, quien hace unos cuantos meses dejo de acompañarme físicamente, pero siempre me apoyo, consejo y confió en mí, y sé que donde sea que se encuentre se sentirá orgulloso de este logro.

John Spencer Ayala Oña

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EVALUACIÓN DE LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO DEL SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES ARTIFICIALES (IFAV) CON LA ESPECIE PASTO VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) EN AGUA CORRIENTE DEL SISTEMA CENTRAL DE RIEGO TOACASO PERIODO 2021-2022”

Autores: Aimacaña Gualpa Esteban Eduardo
Ayala Oña John Spencer

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo principal la evaluación en la remoción de arsénico (As) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso, ubicado en el barrio “El Pueblo” en la zona céntrica de la parroquia de Toacaso, mediante la utilización del sistema de islas flotantes artificiales (IFAV) con pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*); un procedimiento ecotecnológico que ayudó a la descontaminación creciente que sufren diversos cuerpos de agua, el cual une de manera simultánea eficiencia, eficacia y economía. El estudio se llevó a cabo en dos fases; la I fase: mediante análisis de laboratorio e *in situ* con kits para medir arsénico. Para los análisis de laboratorio se realizó 3 monitoreos de agua en 3 puntos diferentes del reservorio (entrada, centro y salida), durante 3 meses; seguidamente, se realizó de manera *in situ*, con la utilización de kits 18 muestreos de agua en los mismos puntos del reservorio, cada ocho días. Los resultados obtenidos a través de los análisis de laboratorio señalan una remoción de As del 17% y 35 % para la fase *in situ*. En la II fase se evaluó la presencia de arsénico en la morfología de la planta vetiver (raíz, tallo y brotes) donde se emplearon 24 muestras compuestas vegetales aleatorias, la cantidad máxima absorbida por la raíz fue de 87.83 mg/kg, en tallo fue de 9.35 mg/kg y en brotes es de 11.7 mg/kg y los valores obtenidos en FT (factor de translocación) fue de 0.27 mg /kg y en FBC (factor de bioconcentración) se obtuvo un valor 190.62 mg/kg, demostrando que la planta es acumuladora; sin embargo no transloca eficientemente el arsénico en su morfología así que lo que hace es fitoestabilizar el contaminante en sus tejidos. Finalmente se pudo comprobar que el sistema de las IFAV es una alternativa viable para la remoción de arsénico en el reservorio central de Toacaso, y que las raíces son las que mayor capacidad de retención de As tiene en la planta.

Palabras Claves: bioconcentracion, fitorremediación, islas flotantes, morfología, translocación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL

THEME: “EVALUATION OF THE ARSENIC REMOVAL OF THE ARTIFICIAL FLOATING ISLAND SYSTEM (IFAV) WITH SPECIES OF PASTO VETIVER (*CHRYSOPOGON ZIZANIOIDES*) IN RUNNING WATER OF THE TOACASO CENTRAL IRRIGATION SYSTEM, 2021-2022.”

Authors: Aimacaña Gualpa Esteban Eduardo
Ayala Oña John Spencer

ABSTRACT

The main objective of this research was to evaluate the removal of arsenic (As) in tap water from the Toacaso Central Irrigation System, located in the "El Pueblo" neighborhood in the central area of the parish of Toacaso, through the use of the artificial floating islands system (IFAV) with species of pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*); an ecotechnological procedure that helped the increasing decontamination suffered by several bodies of water, which simultaneously unites efficiency, effectiveness and economy. The study was carried out in two phases; the *phase one*: through laboratory and in situ analysis with kits to measure arsenic. For the laboratory analyses, 3 water monitoring was carried out at 3 different points of the reservoir (inlet, center and outlet), during 3 months; then, in situ, with the use of kits 18 water samplings were carried out at the same points of the reservoir, every eight days. The results obtained through laboratory analysis show an As removal of 17% and 35% for the in situ phase. In *phase two*, the presence of arsenic in the morphology of the vetiver plant (root, stem and shoots) was evaluated using 24 random plant composite samples. The maximum amount absorbed by the root was 87.83 mg/kg, in the stem it was 9.35 mg/kg and in the shoots it was 11.7 mg/kg. 7 mg/kg and the values obtained in FT (translocation factor) was 0.27 mg/kg and in BCF (bio-concentration factor) a value of 190.62 mg/kg was obtained, demonstrating that the plant is an accumulator; however, it does not efficiently translocate arsenic in its morphology, so what it does is to phytostabilize the contaminant in its tissues. Finally, it was possible to prove that the IFAV system is a viable alternative for arsenic removal in the central reservoir of Toacaso, and that the roots have the greatest As retention capacity in the plant.

Keywords: Bio-concentration, Phytoremediation, Floating Islands, Morphology, Translocation.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	x
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xxiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xxiv
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xxv
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	4
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6. OBJETIVOS	6
6.1. <i>Objetivo General</i>	6
6.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8

8.1.	<i>Calidad de agua</i>	8
8.2.	<i>Ciclo Hidrológico</i>	8
8.2.1.	Precipitación.....	9
8.2.2.	Evaporación.....	9
8.2.3.	Infiltración.....	9
8.3.	<i>Fuente De Agua Dulce</i>	9
8.3.1.	Agua Subterránea.....	10
8.3.2.	Agua Superficial	10
8.3.3.	Agua Atmosférica.....	10
8.3.4.	Agua Lluvia.....	10
8.4.	<i>Caudal</i>	11
8.5.	<i>Metales Pesados</i>	11
8.6.	<i>Metales Pesados en Agua</i>	11
8.7.	<i>Metales Pesados en Suelo</i>	12
8.8.	<i>Efectos de los metales pesados en el ser humano y su toxicidad</i>	12
8.9.	<i>Ciclo Bio-Geoquímico Del Arsénico</i>	13
8.10.	<i>Arsénico (As)</i>	13
8.10.1.	Composición.....	14
8.10.2.	Origen Natural	14
8.10.3.	Incidencia en el Medio Ambiente	14
8.10.4.	Incidencia en el Agua	14
8.10.5.	Incidencia en la Actividad Humana.....	14
8.11.	<i>Presencia de arsénico en sedimentos</i>	15
8.12.	<i>Contaminación Natural por arsénico</i>	15
8.13.	<i>Fitorremediación en la remoción de arsénico</i>	16
8.13.1.	Islas Flotantes Artificiales (IFA).....	16
8.13.2.	Material, Estructura y Diseño de las Islas flotantes Artificiales	17
8.13.3.	Funcionamiento De Las Islas Flotantes Artificiales	17
8.13.4.	Sistema IFA en el Ecuador	17
8.14.	<i>Especie Pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides)</i>	18

8.14.1.	Taxonomía.....	19
8.14.2.	Morfología.....	20
8.14.3.	Usos y Morfología	20
8.15.	<i>Sistema de riego</i>	21
8.15.1.	Sistema de Riego por Aspersión	21
8.16.	<i>Agricultura en Ecuador</i>	22
8.17.	<i>Agricultura en Toacaso</i>	22
9.	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA E HIPÓTESIS.....	23
9.1.	<i>Hipótesis</i>	24
10.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
10.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	24
10.1.1.	Investigación Bibliográfica.....	24
10.1.2.	Investigación Descriptiva	24
10.1.3.	Investigación de campo	24
10.1.4.	Investigación Analítica.....	25
10.1.5.	Método Deductivo	25
10.2.	<i>Técnicas</i>	25
10.2.1.	Observación Directa	26
10.2.2.	Monitoreo	26
10.2.3.	Análisis del porcentaje de remoción de arsénico en agua del sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver en el reservorio Central Toacaso. 26	
10.2.3.1.	Fase Laboratorio	26
10.2.3.1.	Determinación del porcentaje de remoción de As (%R).	28
10.2.3.2.	Fase <i>In situ</i> (Kit Arsénico).....	28
10.2.3.2.1.	Kit De Arsénico (As)	28
10.2.3.2.2.	Componentes y modo de uso.....	29
10.2.4.	Área de Estudio.....	30
10.2.5.	Datos de precipitación de la estación meteorológica más cercana.....	32
10.2.6.	Proceso de adaptación, nutrición e intoxicaciones de la especie vetiver elaborado por la empresa CESA	32

10.2.6.1. En Suelo	32
10.2.6.2. En Agua.....	33
10.2.7. Elaboración del Sistema de islas Flotantes Artificiales (IFAV)	33
10.2.7.1. Elaboración de las Islas Flotantes Artificiales	33
10.2.7.2. Identificación de las medidas del reservorio.	35
10.2.8. Evaluación del Sistema de Islas Flotantes	36
10.2.8.1. Muestreo.....	36
10.2.8.1.1. Toma de la muestra de agua	36
10.2.9. Determinación de la retención de arsénico en la especie pasto vetiver	37
10.2.9.1. Toma de muestras vegetales de las especies Vetiver.	37
10.2.9.2. Análisis estadístico mediante la prueba Chi cuadrado	38
10.2.10. Determinación del orden en la distribución de los diferentes órganos vegetativos de arsénico en las especies vegetativas.....	39
10.2.10.1. Determinación del Factor de Translocación (TF).	39
10.2.10.2. Determinación del Factor de Bioconcentración (BCF).	40
10.2.10.3. Categorización de las plantas en base a su concentración y factores de bioconcentración y translocación.	40
10.2.10.4. Límites Máximos Permisibles.	41
10.2.10.4.1. Muestras de Agua	41
10.2.11. Disposición del Sistema de Islas Flotantes Artificiales IFAV al término del periodo de estudio.....	42
10.2.11.1. Disposición de la matriz flotante al término del periodo de estudio.....	42
10.2.11.2. Disposición Final del Material Vegetativo.....	42
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	43
11.1. <i>Análisis de los resultados</i>	43
11.1.1. Resultado de la tipificación del tanque reservorio	43
11.1.2. Análisis del porcentaje de remoción de arsénico en agua por efecto del sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver en el reservorio Central Toacaso.	43
11.1.2.1. Resultados de los muestreos	43
11.1.2.2. Análisis de los resultados de las muestras de agua tomadas en las captaciones y en el reservorio	43
11.1.3. Análisis de los resultados de las muestras de agua (Fase Laboratorio)	44

11.1.4.	Análisis de los muestreos de agua (Fase In situ) con Kit de Arsénico.	46
11.1.5.	Determinación de la retención de arsénico en la especie pasto vetiver	48
11.1.5.1.	Análisis de los resultados de las muestras de las especies.....	48
11.1.5.2.	Análisis estadístico mediante la prueba Chi cuadrado	49
11.1.5.2.1.	Prueba Chi Cuadrado para raíz.....	49
11.1.5.2.2.	Prueba Chi Cuadrado para tallo	50
11.1.5.2.3.	Prueba Chi cuadrado para Brotes.....	51
11.1.6.	Determinación del orden en la distribución de los diferentes órganos vegetativos de arsénico en las especies vegetativas.	52
11.1.6.1.	Análisis de los resultados de retención y bioconcentración total de As en la morfología de la especie pasto Vetiver	52
11.2.	<i>Disposición Final del sistema</i>	52
12.	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	53
12.1.	<i>Remoción de Arsénico del agua por parte de la especie Pasto Vetiver</i>	53
12.2.	<i>Retención de arsénico por parte de la especie Pasto Vetiver</i>	53
13.	IMPACTOS	55
13.1.	<i>Ambiental</i>	55
13.2.	<i>Socioeconómico</i>	55
14.	PRESUPUESTO	56
15.	CONCLUSIONES	57
16.	RECOMENDACIONES	58
17.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
18.	ANEXOS	67
	<i>Anexo 1. Zona De Estudio</i>	67
	<i>Anexo 2. Adaptación de especie vetiver</i>	67
	<i>Anexo 3. Elaboración y traslado de la matriz Flotante al reservorio</i>	68
	<i>Anexo 4. Preparación del sustrato a base de fibra de coco</i>	68

<i>Anexo 5. Exposición de Proyecto.....</i>	<i>69</i>
<i>Anexo 6. Identificación del reservorio</i>	<i>69</i>
<i>Anexo 7. Toma de muestras Agua (Fase Laboratorio).....</i>	<i>70</i>
<i>Anexo 8. Toma de muestras Agua (Fase In situ KIT).....</i>	<i>71</i>
<i>Anexo 9. Toma de muestras vegetales (Pasto Vetiver).....</i>	<i>73</i>
<i>Anexo 10. Disposición Final de la matriz de la isla y vegetal.....</i>	<i>75</i>
<i>Anexo 11. Resultados de las concentraciones de As en el Laboratorio ALS.....</i>	<i>76</i>
<i>Anexo 12. Resultados de las concentraciones de As en el Laboratorio CICAM.</i>	<i>82</i>
<i>Anexo 13. Resultados de las retenciones de arsénico en la especie pasto vetiver en el Laboratorio de la UDLA.....</i>	<i>93</i>
<i>Anexo 14. Cronograma de Actividades, Muestreos y Tesis.</i>	<i>94</i>

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios directos	4
Tabla 2. Beneficiarios Indirectos	4
Tabla 3. Actividades y sistema de tareas en relación a los componentes.....	6
Tabla 4. Taxonomía del Vetiver	19
Tabla 5. Área de estudio.....	31
Tabla 6. Materiales y elaboración del sustrato	34
Tabla 7: Características del reservorio central de Toacaso	35
Tabla 8. Requerimientos para la toma de muestras de agua.	37
Tabla 9. L.M.P. para agua de riego para uso agrícola.	41
Tabla 10. Resultados de muestras (captaciones y reservorio).....	43
Tabla 11. Muestreos de agua (Fase Laboratorio).....	44
Tabla 12. Porcentaje de eliminación de As del agua (Fase <i>In situ</i>) Kit de As.....	46
Tabla 13. Resultados de muestreo realizados en el laboratorio.....	49
Tabla 14. Aplicación de la prueba Chi Cuadrado.....	50
Tabla 15. Resultados de muestreo realizados en el laboratorio.....	50
Tabla 16. Aplicación de la prueba Chi cuadrado	51
Tabla 17. Resultados de muestreo realizados en el laboratorio.....	51
Tabla 18. Aplicación de la prueba Chi cuadrado	52
Tabla 19. Resultado del muestreo de la especie pasto vetiver.....	51
Tabla 20. Presupuesto del proyecto de investigación	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo biogeoquímico del As	13
Figura 2: Isla flotante Artificial	16
Figura 3: Pasto Vetiver (<i>Chrysopogon zizanioides</i>)	19
Figura 4: Sistema de riego por Aspersión.....	22
Figura 5. Esquema de muestreo de agua	27
Figura 6: Kit de Arsénico	29
Figura 7. Esquema del análisis <i>in situ</i>	30
Figura 8: Mapa de ubicación del reservorio.	31
Fuente: Utilización de la herramienta digital ArcGIS Ubicación geográfica.	31
Figura 9: Precipitación media decadal 1986-2015 de la Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo	32
Figura10: Diseño de la construcción de la IFAV.	35
Figura 11. Esquema del muestreo vegetal (vetiver)	38
Figura 12. Distribución espacial de las islas flotantes en el reservorio.....	42
Figura 13. Porcentaje de remoción de arsénico en agua (Fase Laboratorio).....	46
Figura 14. Porcentaje de remoción de arsénico en el agua (Fase In situ) Kit As.....	48

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Mapa de ubicación geográfica.	67
Ilustración 2. Limpieza, agrupación y organización.....	67
Ilustración 3. Vetiver en el vivero.....	67
Ilustración 4. Vetiver en la isla.	68
Ilustración 5. IFAV en el Agua.....	68
Ilustración 6. Matrices flotantes.....	68
Ilustración 7. Descarga de islas	68
Ilustración 8. Agregación de sustrato	68
Ilustración 9. Plantación de la especie en las IFAV.	68
Ilustración 10. Conversatorio con la junta de agua Toacaso.....	69
Ilustración 11. Exposición de CESA a la junta de agua Toacaso.....	69
Ilustración 12. Recorrido por el reservorio.....	69
Ilustración 13. Identificación del área de las Islas.....	69
Ilustración 16. Toma de muestra Entrada del reservorio.	70
Ilustración 17. Toma de muestra en el centro del reservorio.	70
Ilustración 18. Toma de muestra en la salida Primer beneficiario.....	70
Ilustración 19. Estabilización de las muestras.....	70
Ilustración 20. Envasado y etiquetado de las muestras.....	71
Ilustración 21. Coordinación con Don Julio Aguatero de la junta de agua de Toacaso.	71
Ilustración 22. Componentes del Kit.....	71

Ilustración 23. Capacitación para la utilización correcta del kit.....	71
Ilustración 24. Toma de muestra en la entrada del reservorio.....	72
Ilustración 25. Toma de muestra del centro del reservorio.	72
Ilustración 26. Toma de muestra en salida del primer beneficiario.	72
Ilustración 27. Proceso del kit realización.	72
Ilustración 28. Finalización de los procedimientos del kit.	73
Ilustración 29. Comparación del resultado con la tira de valores del kit.....	73
Ilustración 30. Toma de medidas de los componentes de la planta.	73
Ilustración 31. Peso de los componentes de la planta.....	73
Ilustración 32. Corte de la muestra para su separación.....	74
Ilustración 33. Conservación de la muestra y etiquetado.....	74
Ilustración 34. Sistema IFAV en el reservorio.....	74
Ilustración 32. Disposición de la matriz	75
Ilustración 33. Disposición de la especie vegetal.....	75

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título

“Evaluación de la remoción de arsénico del sistema de islas flotantes artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso periodo 2021-2022”.

Lugar de ejecución

Sistema central de riego Toacaso, Barrio El Pueblo, parroquia Toacaso - Cantón Latacunga - Provincia Cotopaxi - Zona 3.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

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

Nombre del equipo de investigadores

Tutora

- MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

Lectores

- Patricio Clavijo Cevallos MSc.
- Mercy Lucila Ilbay PhD.
- Eliana Boada Cahuenas PhD.

Autores

- Esteban Eduardo Aimacaña Gualpa
- John Spencer Ayala Oña

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 y genética, para el desarrollo humano y social.

2. INTRODUCCIÓN

La contaminación en aguas por arsénico (As) es un problema de gravedad, debido a que, al ser un metal pesado es un elemento nocivo para la salud humana, su peligrosidad es tan significativa, a pesar de encontrarse en bajas concentraciones, la presencia de este metaloide en el agua, “proviene tanto de fuentes naturales o a su vez por actividades antropogénicas” (Rangel Montoya *et al.*, 2015). La presencia del As en el agua se da por la disolución natural de minerales de depósitos geológicos A. Herrera *et al.*, (2013). menciona que este elemento cuenta con varios estados de oxidación; siendo el trivalente (As^3) y el pentavalente (As^5), los estados que se pueden encontrar en el medio con más frecuencia, además, dichos estados de oxidación cuentan con una gran movilidad en los ecosistemas, cabe recalcar que el arsenito es el estado más lábil y biotóxico. Debido a la peligrosidad que representa la presencia de este compuesto en el agua, instituciones como la “Fluence”, ha logrado desarrollar tecnologías como la “Coagulación-Filtración, Oxidación-Filtración”, Abel, (2021) menciona que estos tratamientos físico-químicos son capaces de “alterar las propiedades de las partículas suspendidas o coloidales, ayudándolas a unirse en partículas más grandes para una filtración más fácil”.

Calderón & Mólgora *et al.*, (2012) sugiere como tratamiento de alta eficacia en la remoción de As en el agua, al denominado “Proceso de membrana”, tratamiento que consiste en la filtración de los contaminantes, pero, dicho tratamiento presenta varios inconvenientes a tener en cuenta, incluyendo un elevado costo de inversión y el tratamiento de los concentrados con valores extremos. En los últimos años ha surgido un nuevo tratamiento para la descontaminación del As en aguas, basado en la fitorremediación mediante la creación de Islas Flotantes Artificiales con especies vegetales, que representan una alternativa sustentable y de bajo costo para la rehabilitación de ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicos (Huayta & Zulma, 2018). “El sistema IFA, aprovecha los procesos bioquímicos de ciertas especies vegetales, y a su vez, procesos de microorganismos que forman una alianza para poder sobrevivir.” (Delgadillo-López *et al.*, 2011). Se han identificado una amplia diversidad de especies que se emplean para este fin. Algunas de ellas, debido a su gran capacidad para acumular metales pesados, reciben el nombre de Hiperacumuladoras (Girón & de Cali, 2015). Entre una de ellas se encuentra el pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), este presenta características de fácil adaptación a casi cualquier clima, no es considerada una especie invasora y para su crecimiento no demanda de muchos nutrientes.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El agua es uno de los elementos naturales más empleados a nivel mundial, Fernández (2012) afirma que este líquido se emplea para casi todas las actividades cotidianas de los seres vivos, es también el líquido vital para que la vida en el planeta se desarrolle con normalidad, al emplearse para todas las actividades productivas del ser humano esta se contamina con facilidad.

De acuerdo al uso al que esté destinada el agua, el ser humano ha establecido ciertos parámetros físico-químicos que ayudan a la correcta determinación de su calidad y si, se encuentra en óptimas condiciones ya sea para consumo humano o de uso agrícola. En la provincia de Cotopaxi, específicamente, en la parroquia Toacaso, perteneciente a la ciudad de Latacunga, entre sus actividades productivas se encuentran la ganadería y agricultura, para estas actividades emplean agua proveniente de los ríos, desviados por canales que hacen posibles que se puede usar como agua de regadío (GAD Toacaso, 2020) .

Los caudales de los ríos que atraviesan por la parroquia provienen de los nevados Ilinizas, según (Pulamarín, 2019) estudios previos han demostrado que se encuentran concentraciones que exceden los límites máximos permisibles establecidos por el TULSMA de arsénico, en el agua empleada para regadío. Además, la empresa CESA realizó estudios anteriores realizando monitoreos de agua donde se evidencia que la presencia de arsénico es muy elevada y va variando a medida que desciende.

Con el tiempo, el mismo ser humano ha creado varios métodos de descontaminación del agua, para poder usarla sin que nos causen efectos negativos para la salud; entre estos métodos se encuentra la fitorremediación mediante islas flotantes artificiales (IFAV) y la especie Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), la presente investigación busca evaluar dicho sistema que fue empleado por la junta de agua Toacaso en conjunto con la empresa CESA en el reservorio central que se usa principalmente para regadío por un sistema de aspersion. La vinculación de la Universidad Técnica De Cotopaxi promueve proyectos que vayan de la mano con el manejo sostenible y cuidados ambientales que buscan que el sistema logre disminuir las concentraciones de arsénico presentes en el reservorio, para de este modo obtener una mejor calidad en el agua que se entregará a los usuarios del canal central, y así evitar, posibles enfermedades posteriores.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En la tabla 1 y 2 se indican los beneficiarios que se han involucrado en el estudio del presente proyecto de investigación:

Tabla 1. Beneficiarios directos

DIRECTOS		
	N° Ramales	N° Familiares
Junta de Agua de Riego Central Toacaso	6	322

Nota: Modificado de Beneficiarios del canal central Toacaso, de la Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA), 2021

Tabla 2. Beneficiarios Indirectos

INDIRECTOS	N° Personas
- La Central Ecuatoriana de Servicios Agrícolas (CESA)	26
- Junta de Regadío Canal Central De Toacaso	322

Nota: Esta tabla muestra el número de personas que beneficia indirectamente el proyecto.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

El As es un agente carcinogénico y ocasiona múltiples efectos negativos sobre la salud humana a corto y largo plazo. La exposición directa que se da con el arsénico es principalmente por agua y alimentos. El As presente en el medioambiente proviene de fuentes naturales, generalmente asociadas a procesos geológicos, como la meteorización a partir de rocas parentales o las emisiones volcánicas; también puede originarse de actividades antrópicas como la minería, fundición de metales, o su uso en fórmulas de pesticidas y conservantes de la madera. (Jochen, 2008).

La contaminación que afecta de manera natural los cuerpos de agua se da comúnmente por la interacción con erupciones volcánicas y mineralización del utillaje parental (Mite, et al, 2010). La contaminación por metales pesados en la zona sierra es ineludible acorde a su altitud (Yang, et al, 2014) y su geomorfología. La riada del río Cutuchi se encuentra alterada por sales y boro así presentando una entrada de alcalinidad y solidez. (Ortiz & Mena, 2005). En la investigación de (Romero, 2017) recalca el haber encontrado Cd en el agua empleada

para riego, y le atribuye al volcán Tungurahua como el principal emisor de este compuesto. Por otra parte, (Jiménez, 2018) menciona que en su estudio del agua usada para consumo humano identificó altas concentraciones de As, atribuyéndole esta contaminación a los procesos geotermales. Estos contaminantes naturales descienden por los afluentes a parroquias donde se usan para el acopio de agua en reservorios y su posterior utilización en sistema de regadío por aspersión donde afecta de forma directa con los suelos, vegetación y animales de la zona que son en su mayoría agricultores o ganaderos.

Ecuador con su climatología y por ser un país ampliamente diverso, con una enorme producción en ámbitos agropecuarios, demandan de agua en altas cantidades, para lograr desarrollarse sin inconvenientes; es este el caso el de la parroquia de Toacaso. El Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Toacaso (GAD Toacaso, 2020). Argumenta que, por el incremento de la población en áreas urbanas, rurales y de las fronteras agrícolas, se está produciendo mayor contaminación a los recursos hídricos, ya que, al focalizarse la concentración poblacional, la producción de los desechos se incrementa en volúmenes localizados, que se vierten o depositan en las quebradas de afluentes del agua. Basado en estudios previos sobre la cantidad de arsénico en las vertientes de agua esto debido a que los suelos son de origen volcánico de la parroquia Toacaso, el Gad Parroquial ha realizado una petición formal a SENAGUA, para que apruebe el mejor aprovechamiento del agua de las vertientes del sector Quilloturo que se encuentra ubicado en la parte norte de Los Ilinizas, esto beneficiará a los 38 barrios y comunidades de la parroquia de Toacaso. Por otra parte, esto otorga un gran beneficio a los 322 usuarios del reservorio central de la parroquia los cuales utilizan estas aguas diariamente y en grandes cantidades de hectáreas de terrenos.

Los niveles de As en el ambiente son variables ya que puede unirse a partículas y cambiar de estado de oxidación al reaccionar con oxígeno o con otras moléculas del aire, del agua o del suelo, o por acción de microorganismos (Jochen *et. al.*, 2008). La toxicidad depende de la especie química, incluidas las especies orgánicas; el As+3 es considerado unas 60 veces más tóxico que el As+5. La normativa es variable para cada país, y se basa en los estándares de la OMS, Codex Alimentarius y la Unión Europea.(Medina, 2018).

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar el Sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en la remoción de arsénico en agua corriente del sistema central de riego Toacaso.

6.2. Objetivos Específicos

- Analizar el porcentaje de remoción de arsénico en agua con el sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver en el reservorio Central Toacaso.
- Determinar la retención de arsénico en la especie pasto vetiver a través de su fisiología vegetal.
- Determinar el orden de distribución a los diferentes órganos vegetativos de arsénico en las especies vegetativas.

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	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
O.1. Evaluar el porcentaje de remoción de arsénico en agua sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver en el reservorio Central Toacaso.	Identificación del porcentaje de remoción de arsénico en base a los monitoreos y muestreos que fueron de un total de 9 para agua fase laboratorio. Por otro lado, la identificación de 18 muestras de kit	El registro y análisis de los datos se basará en el software Excel, con respecto al porcentaje de remoción de As, se obtuvieron los datos conforme a lo establecido en la ecuación de remoción y los datos obtenidos a través del análisis de las muestras en el laboratorio CICAM. Para la etapa del muestreo y el traslado de las muestras hasta	Porcentaje de remoción de arsénico total.

fase in situ de agua el laboratorio se siguieron los programados en un protocolos establecidos en la lapso de tiempo Norma Técnica INEN cada 8 días en un 2169:2013 periodo de estudio de tres meses.

OBJETIVO	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
O.2. Determinar la retención de arsénico en la especie pasto vetiver a través de su fisiología vegetal.	Identificación del área de estudio, elaboración del mapa de ubicación de la zona de estudio. Monitoreo de la especie pasto vetiver. Así mismo se tomaron 24 muestras de su morfología (raíz, tallo y brotes) en un lapso de 3 meses una al inicio y otra al final.	Visitas in situ (Observación directa). Determinación de coordenadas geográficas (Utilización de GPS y software ArcGIS). Recolección de las muestras del material vegetativo para su análisis en el Laboratorio de Investigación de la UDLA, (Muestra compuestas la cuales fueron tomadas por diferencia de tiempos una que su implementación en el sistema IFAV fue de marzo y otra de agosto en un periodo de estudio trimestral).	Nivel de retención de arsénico en las especies Pasto Vetiver. Nivel de translocación del contaminante en los diferentes órganos de las especies pasto Vetiver.
OBJETIVO	ACTIVIDADES (TAREAS)	METODOLOGÍA	RESULTADOS
O.3. Determinar el orden de distribución a los diferentes órganos vegetativos de arsénico en las	Análisis y procesamiento de los resultados obtenidos de las muestras de la planta, enviadas al	Procesamiento de los resultados obtenidos a través del software Excel y la utilización de fórmulas para el cálculo del factor de bioconcentracion y	Factor de translocación y bioconcentración del contaminante en los diferentes órganos de las

especies vegetativas.	laboratorio.	translocación.	especies Vetiver.	pasto
--------------------------	--------------	----------------	----------------------	-------

Elaborado por: Grupo Investigador

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Calidad de agua

Las fuentes hídricas presentan múltiples servicios ecosistémicos, entre los cuales destacan el abastecimiento de agua potable para el consumo humano, para el riego, consumo de animales (ganadería), etc. Para asignarle un adecuado uso sin afectar la calidad de vida de los seres humanos, se caracteriza la calidad del agua, es decir, la comparación de “características físicas, químicas y composición y estado de los organismos que en habitan en él” (Chapman, 1996, como se citó en Aguas urbanas, de la Universidad de la República [UDELAR], 2018), y se comparan con índices establecidos a nivel nacional y mundial.

El agua es el líquido vital para la vida, es por ello que se lo uso prácticamente para todas las actividades ganaderas, agrícolas e industriales; la calidad de este líquido se ha visto afectada directamente por lo antes mencionado, puesto que para mejorar ciertos ámbitos de estas actividades se emplean compuestos químicos que fácilmente se combinan con el agua.

8.2. Ciclo Hidrológico

Se define como ciclo hidrológico al complejo modelo de circulación y transformación del agua, al ser un ciclo no se podría determinar con exactitud su principio o su final, sin embargo, para poder entenderlo se deben explicar cada uno de los procesos por los cuales el agua atraviesa durante este proceso.

El ciclo hidrológico se basa en el permanente movimiento o transferencia de las masas de agua, tanto de un punto del planeta a otro, como entre sus diferentes estados (líquido, gaseoso y sólido). Está animado por dos causas: La energía solar y la gravedad. La naturaleza ha creado una especie de máquina insuperable, regulando y gestionando las necesidades de cada uno de los seres vivos (Ordoñez, 2011).

8.2.1. Precipitación

Se define como precipitación, “a toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.) y sólida (nieve, granizo, etc.) y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.). Son provocadas por un cambio de la temperatura o de la presión. La precipitación constituye la única entrada principal al sistema hidrológico continental.”(Caparrós, 2018)

8.2.2. Evaporación

La evaporación es el paso continuo de una sustancia del estado líquido al de vapor, “se efectúa en la superficie del líquido y ocurre a cualquier temperatura hasta que se satura de vapor el espacio inmediato al líquido. El proceso de evaporación en un sistema abierto depende del tamaño de la superficie expuesta, del tipo de sustancia y del porcentaje de vapor en los alrededores.”(Manzur & Cardoso, 2015)

8.2.3. Infiltración

“La infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo” (Úbeda Rivera & Delgado Dallatorre, 2018). Es decir, representa la capacidad de poder medir la tasa de absorción que tiene el suelo con respecto al agua proveniente de la precipitación o a su vez por irrigación. Este proceso juega también un “papel fundamental en el ciclo hidrológico. Dependiendo de las condiciones geológicas, puede permanecer en el suelo en forma de humedad; escurrir como flujo subsuperficial y aflorar como una naciente efímera; o recargar el acuífero, entre otros.” (Batres & Barahona-Palomo, 2017)

En otras palabras, la infiltración es un proceso que depende de varios factores para que el agua de la superficie pueda ingresar al suelo; factores como la cobertura vegetal, la temperatura e incluso la permeabilidad que poseen los diferentes tipos de suelo, el conjunto de variado de lo antes mencionado puede ayudar a que el agua se infiltre con mucha o poca dificultad.

8.3.Fuente De Agua Dulce

El Agua dulce es uno de los cuerpos de agua más escasos que se pueden encontrar en los ecosistemas además que son muy fáciles de adquirir una contaminación de cualquier tipo sea de forma directa e indirecta. Para Chuquipoma (2020), la falta de agua dulce representa un problema de gravedad que afecta a todos los sectores industriales y la calidad vida de las personas a nivel mundial. Para lograr aprovechar de mejor manera el recurso hídrico,

múltiples instituciones están buscando alternativas para minimizar el uso de este recurso en sus procesos.

8.3.1. Agua Subterránea

El agua subterránea es aquella que se la puede encontrar en el subsuelo y esta “representa el 98% del agua dulce no congelada disponible como fuente de abastecimiento para múltiples usos dependiendo de sus características fisicoquímicas y biológicas” (Cerón, 2021) Demostrando así, que la mayor reserva de agua dulce la podemos encontrar en forma subterránea, dicho recurso subterráneo brinda también innumerables servicios ecosistémicos y participa también de procesos naturales.

Las aguas subterráneas son un producto de las infiltraciones directas, este recurso en los últimos años se ha visto afectado por la contaminación agrícola, industrial y domiciliaria; estas aguas, al ser de difícil acceso hace que sean prácticamente imposible poder tratarlas, por lo que conlleva una contaminación constante con el medio que tenga contacto.

8.3.2. Agua Superficial

Las aguas superficiales, son las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales Zarza, (2021). Esta logra circular sobre la superficie terrestre, siendo capaz de formar quebradas, riachuelos, ríos o lagunas. Esta agua también se la emplea en varios usos, como los son: consumo humano, para la agricultura y crianza de animales.

8.3.3. Agua Atmosférica

Son consideradas como aguas atmosféricas aquellas que aún no han alcanzado la corteza terrestre, (Anaya, 2020), menciona que, estas pueden encontrarse en la fase de precipitación, en forma de llovizna y lluvias; y se encuentran en movimiento gracias al efecto de los vientos.

8.3.4. Agua Lluvia

El agua de lluvia es un producto del ciclo hídrico, se podría decir que es uno de los procesos de suma importancia para que el ciclo se cumpla esto debido a que mediante este el agua puede cambiar de estado gaseoso a líquido, en la atmósfera y precipitar hacia la superficie terrestre, el agua lluvia nace y se forma en las nubes que están en el cielo que nos cubre día a día. La lluvia se origina principalmente por el cambio de temperatura y presión atmosférica(González, s. f.).

8.4.Caudal

El caudal de un río, es decir la cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal, se expresa en volumen por unidad de tiempo, la unidad de medida de este volumen es el m³/s; hay que considerar también que al hablar de caudal no solo se hace referencia a un río, su puede medir caudales en tuberías, lagunas y prácticamente en todo lugar donde circule agua:

El caudal en un tiempo dado puede medirse por varios métodos diferentes y la elección del método depende de las condiciones de cada sitio. los caudales que permitan monitorear espacial y temporalmente los afluentes, en lugares estratégicos en los cuales se estime la cantidad de agua que circula en los distintos puntos de la cuenca y se construya una base de datos que ayude a tomar decisiones sobre el manejo integral del agua con los diferentes usuarios del agua. (ICC, 2017)

8.5.Metales Pesados

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo (Teneneta & Zavala, 2020). Además de que estos metales al encontrarse presentes en agua que generalmente se usa para consumo humano puede provocar varias enfermedades leves, incluso muchas crónicas.

“Según la tabla periódica, es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas”.(Franco, 2016) es decir, el contacto del ser humano con alguno de estos elementos, ya sea de forma directa o indirecta, puede causar graves afecciones a la salud.

8.6.Metales Pesados en Agua

Los metales pesados son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad alta. Son en general tóxicos para los seres humanos y entre los más susceptibles de presentarse en el agua destacamos mercurio, níquel, cobre, plomo y cromo. El incremento de concentración en las aguas de estos compuestos se debe principalmente a una contaminación puntual de origen industrial o minero. Los lixiviados de vertederos o vertidos de aguas residuales pueden ser asimismo una fuente de contaminación. Hay que señalar también que en algunos casos existen aguas que sufren un proceso de enriquecimiento natural en metales pesados al atravesar acuíferos formados por rocas que los contienen en su composición.(FACSA, 2017)

La presencia de la mayoría de los metales pesados en el agua se da forma antropogénica, es decir por la misma actividad del ser humano; la industrialización, y el uso de productos químicos a base de metales o alguno de sus derivados; hacen que la presencia de estos elementos represente mayor peligro para la salud humana, puesto que, al estar disueltos en el agua, líquido vital para la vida, pueden entrar en contacto directo con el ser humano, causando así, varias enfermedades crónicas.

8.7. Metales Pesados en Suelo

La presencia de metales nocivos para el estado de la salud humana se puede encontrar en el suelo, y esto afecta al crecimiento de las plantas y por ende a los animales que se alimentan de estas.

Los metales pesados como iones libres pueden tener acción directa sobre los seres vivos lo que ocurre a través del bloqueo de las actividades biológicas, es decir, la inactivación enzimática por la formación de enlaces entre el metal y los grupos -SH (sulfhidrilos) de las proteínas, causando daños irreversibles en los diferentes organismos. La contaminación en suelos por metales pesados ocurre cuando estos son irrigados con aguas procedentes de desechos de minas, aguas, residuales contaminadas de parques industriales y municipales y filtraciones (Teneneta & Zavala, 2020).

El suelo es el elemento en donde se desarrolla la vida; este al entrar en contacto con aguas contaminadas por la presencia de metales pesados, absorben el contaminante y lo mantienen, por ende, las plantas que se desarrollan en este suelo se ven afectadas de forma directa, en muchas ocasiones, los suelos contaminados con metales pesados no pueden sustentar vida durante un largo periodo.

8.8. Efectos de los metales pesados en el ser humano y su toxicidad

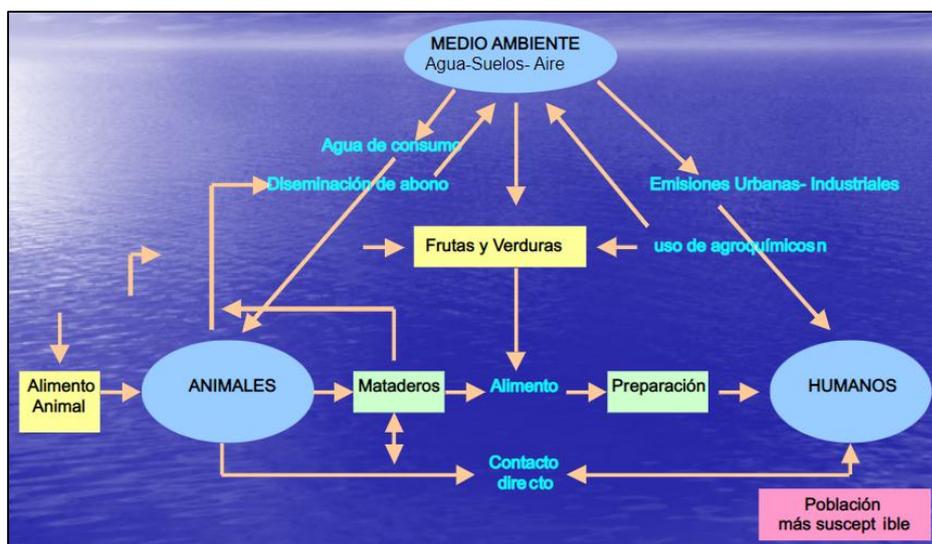
Londoño Franco (2016), argumenta que la peligrosidad del metal arsénico produce graves lesiones en la piel del ser humano además de afectaciones vasculares en su sistema nervioso e hígado. El cuadro clínico se puede agravar por exponerse a dosis elevadas que resultan ser letales además de desencadenar otras molestias leves o graves.

8.9. Ciclo Bio-Geoquímico Del Arsénico

La presencia del As en el medio ambiente se debe a múltiples procesos meteorológicos y geológicos, Casemiro (2015) considera que la movilidad del As en la naturaleza se puede dar en “estado gaseoso, disuelto o sólido a través del suelo, aire y agua”. Menciona también que: “el transporte y la distribución depende de la forma química en la que se encuentre el As”.

Rossel, (2014) estableció en la figura 1 que para interpretar de mejor forma el ciclo del Arsénico en el medio ambiente, en donde se puede observar que la presencia de As en el medio ambiente (agua, suelo y aire) está relacionada de forma directa con la producción agrícola y ganadera; situando al ser humano como la población más susceptible a sufrir afecciones por el contacto con el As.

Figura 1: Ciclo biogeoquímico del As



Nota: Reproducida de Ciclo del Arsénico en el ecosistema, de (Rossel, 2014)

8.10. Arsénico (As)

En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn. El principal mineral del arsénico es el FeAsS (arsenopirita) y se usa en tratamiento de maderas, productos agrícolas (pesticidas, herbicidas) bronceadores de piel, anticorrosivos, vidrio, cerámica, pinturas, pigmentos, medicamentos (Londoño Franco *et al.*, 2016).

8.10.1. Composición

El número atómico es 33, se distribuye ampliamente en la naturaleza, peso atómico 74. Tiene 17 nucleidos radiactivos. La forma metálica es conductor térmico y eléctrico fácil de romper y de baja ductilidad.

8.10.2. Origen Natural

“En la naturaleza se encuentra como mineral de cobalto, aunque regularmente está en la superficie de las rocas combinado con azufre o metales como Mn, Fe, Co, Ni, Ag o Sn”.(Franco, 2016).

8.10.3. Incidencia en el Medio Ambiente

El As es un compuesto que al encontrarse en el medio ambiente puede llegar a afectar de gravedad a todo un ecosistema, para (Montoya *et al.*, 2015).el As “es uno de los metaloides más tóxicos”, afirma también que la presencia de este elemento en diversos ecosistemas depende de “factores químicos, físicos y biológicos”. Estos factores pueden provenir de forma natural o de procesos antropogénicos. Las concentraciones de As en el suelo y agua son consideradas de peligro, puesto que, al entrar en contacto con él, pueden causar afecciones irremediables.

8.10.4. Incidencia en el Agua

El agua es el líquido más importante para la supervivencia humana, esto porque, se la emplea para todo, desde el uso para aseo personal, uso agrícola, crianza de animales; el arsénico al ser un metal pesado es nocivo para la salud humana, aunque sea en bajas concentraciones, al emplearse agua contaminada, Moyano (2009) afirma que el arsénico se transfiere causando así enfermedades o deficiencias en la agricultura.

8.10.5. Incidencia en la Actividad Humana

El arsénico está clasificado como una de las sustancias cancerígenas para el ser humano, la toxicidad crónica con arsénico causa lesiones en piel (queratosis, hiperqueratosis, hiperpigmentación) y lesiones vasculares en sistema nervioso e hígado. Las complicaciones agudas aparecen por exposición a dosis elevadas y pueden ser letales, sus primeros efectos suelen ser fiebre, hepatomegalia, melanosis, arritmia cardíaca, neuropatía periférica, anemia y leucopenia (Franco, 2016).

8.11. Presencia de arsénico en sedimentos

Los sedimentos al ser residuos transportados por el cauce de los ríos, y al estar en contacto con agua contaminada con arsénico, estos tienden a absorber o filtrar los metales que se encuentran presentes en el agua, al precipitarse hasta el fondo, se convierten en sedimentos con concentraciones de arsénico.

Los sedimentos son arena, arcilla, limo y otras partículas sueltas del suelo que se depositan en el fondo de una masa de agua. Pueden provenir de la erosión del suelo o de la descomposición de plantas y animales. El viento, el agua y el hielo pueden transportar estas partículas hasta los ríos, lagos y arroyos (Marc, 2014).

“La sedimentación es el proceso por el cual los sólidos que se encuentran en suspensión en el agua caen al fondo del recipiente donde el agua esté contenida”(Álvarez, 2020). La sedimentación es un proceso natural que ocurre por el efecto de la gravedad. Sin embargo, el ser humano ha logrado aprovechar este efecto para su propio beneficio, logrando así, obtener agua pura y más segura.

El proceso de sedimentación es algo que se consigue de forma natural, es decir que, por efecto de la gravedad, las partículas más pesadas presentes en el agua, como: arena, limo, arcilla, entre otras; descienden hasta el fondo y acumulándose, este proceso actualmente es aprovechado también para la purificación del agua para consumo humano.

8.12. Contaminación Natural por arsénico

En nuestro planeta existen contaminaciones que están fuera de control que podríamos implementar para que no causen desastres con daños a corto o largo plazo y en si poder remediarlos de una manera sostenible para recuperar un porcentaje de su biota.

La contaminación Natural: causada por fenómenos como los incendios forestales, las erupciones volcánicas, los tsunamis, los terremotos. Además, la contaminación natural del agua subterránea por arsénico afecta a más de 140 millones de personas en 70 países de todos los continentes Aquí también la sobreexplotación de los acuíferos es un factor desencadenante de intoxicaciones (Gómez, 2019).

El planeta entero está en constante movimiento, es por ello que es inevitable que se den acontecimientos como las erupciones volcánicas, los tsunamis, grandes movimientos de masas (deslaves), movimientos de las placas tectónicas (causando sismos, incluso terremotos); dichos factores son capaces de producir daños colaterales en la calidad de vida del ser humano; además de, contaminar los medios acuíferos con metales como el arsénico.

8.13. Fitorremediación en la remoción de arsénico

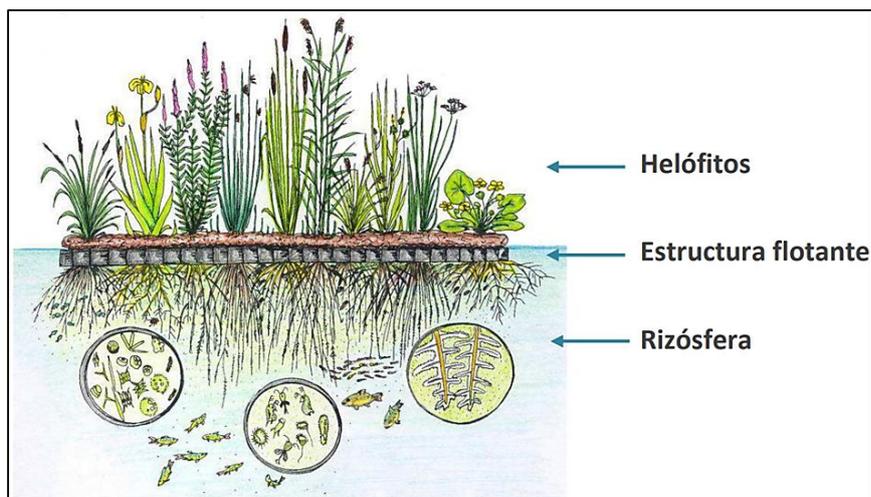
Los procesos que se implementa en contra del deterioro ambiental y contaminación por actividades antropogénicas, son una esperanza a retornar una parcial normalidad de los procesos naturales los cuales nos brindan muchos beneficios al planeta tierra:

La fitorremediación de aguas contaminadas por metales pesados tiene como principal objetivo la reducción o eliminación de esos contaminantes hasta un nivel en el que no causen efectos adversos en el medio ni sobre la salud humana. Los humedales artificiales son una de las alternativas a los sistemas convencionales y presentan un gran potencial para el tratamiento del agua. Se han empleado ampliamente para el tratamiento de aguas residuales urbanas. (Oggero, 2021)

8.13.1. Islas Flotantes Artificiales (IFA)

Las innovaciones en soluciones sostenibles renovables además de implementar un bajo costo se pueden implementar en cuerpos de agua donde la contaminación está en proceso de afectación humana para sus procesos productivos o consumos humanos.

Figura 2: Isla flotante Artificial



Fuente: (Peña & Candela, 2018)

“Las islas flotantes son un tipo de humedal artificial en donde se instalan macrófitos emergentes sobre estructuras flotantes y son utilizadas en fitodepuración, paisajismo y proyectos de conservación. con el objetivo de aumentar las especies de la colección viva, embellecer los cuerpos de agua y contribuir a los procesos de conservación”. (Peña & Candela, 2018)

8.13.2. Material, Estructura y Diseño de las Islas flotantes Artificiales

(Saviolo A., 2021) menciona que los materiales que son necesarios para su estructura además de su diseño adecuado para la implementación en cuerpos de agua son:

- Alambre galvanizado: permite que las islas no se dispersen de un lugar hacia otro y se muevan uniformemente.
- Fibra de coco: permite un equilibrio entre la retención del agua y la capacidad de aireación.
- Tubos y codos PVC: Son utilizados para construir el esqueleto de las islas flotantes y promover se flotabilidad.
- Malla plástica o de pesca: Provee de sostén para los demás implementos que contiene la isla.
- Correas de amarre plásticas: para ajustar la malla plástica utilizada en la estructura.
- Plantas: La especie adecuada para el objetivo de la remoción de As con propiedades de absorción del metal.

8.13.3. Funcionamiento De Las Islas Flotantes Artificiales

Las IFAV remueven contaminantes por varios mecanismos tal como Andrés & Lucila (2019) explica que mediante la absorción o absorción de nutrientes y la bioacumulación de metales pesados, en las 16 raíces se producen biopelículas que aportan con la degradación de materia orgánica, también se llevan a cabo procesos de liberación de enzimas extracelulares, sedimentación, unión de contaminantes y floculación.

8.13.4. Sistema IFA en el Ecuador

El sistema de las IFAV en Ecuador ha sido una de los proyectos más grandes y beneficiosos para el ámbito del cuidado ecológico del agua así también para la calidad de los paisajes embellecedores de este territorio nacional.

En la ciudad de Guayaquil a partir de los años 2010 se llevaron a cabo proyectos de conservación en el que se consideró implementar el proyecto piloto de IFA, teniendo un costo de inversión de USD. 399 mil dólares, de los cuales USD. 200 mil dólares provienen de la Agencia de Cooperación y Coordinación Turca (TIKA) que aportarán a la limpieza y oxigenación de uno de los ramales del Estero Salado (Negrete et al., 2019). Las 40 islas y dos lechos flotantes dispuestos en filas en el cuerpo hídrico fueron instalados por el Ministerio de Ambiente con la finalidad de mejorar la calidad del agua y reducir los niveles de contaminación por coliformes fecales y totales. Además, cuenta con un sistema de aireación, como complemento para contribuir en el proceso de oxigenación y depuración del agua. De acuerdo a los resultados obtenidos se obtuvieron que a medida que el tiempo transcurría la cantidad de coliformes totales tendían a disminuir; en el caso de oxígeno disuelto (OD) crecía exponencialmente y se observaba que el pH se tornaba de ácido a neutro lo que evidenciaba una mejoría en la calidad de agua. En las figuras 4 y 5 se muestran los resultados obtenidos de coliformes y OD y pH. (Negrete et al., 2019)

El sistema de IFA se logra desarrollar en el país beneficiando a muchos sectores, puesto que estas, aparte de lograr minimizar los contaminantes presentes en el agua, mejoran también la visibilidad de los sectores en los que estas se encuentran implementadas, otro dato importante por el que este sistema es bien visto y acogido en diferentes lugares del país es su bajo costo de elaboración y mantenimiento.

8.14. Especie Pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)

Una de las plantas que ha cobrado importancia en la fitorremediación es el vetiver, especie que se la puede apreciar en la figura 3, dada su alta resistencia a ambientes extremos, condiciones de stress y acidez; en este sentido (Rodríguez et al., 2010) demostraron que el vetiver es eficiente para la eliminación de zinc, plomo y cromo, aunque a altas concentraciones la presencia de los mismos inhibe la producción de materia seca y la tasa fotosintética; no obstante, las aplicaciones de nitrógeno podrían evitar el efecto adverso del mismo.

Figura 3: Pasto Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*)



Fuente: Reproducida de Fitorremediación De Cromo En Lodos Residuales De Una Tenería, de (Rodríguez et al., 2010)

8.14.1. Taxonomía

Existen como 10 especies de gramíneas comunes al vetiver, es una planta perenne de la familia de las gramíneas, nativa de la India. El pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) ha demostrado ser ideal para la conservación del suelo y agua, la humedad del suelo y otros usos como en biorremediación, bioingeniería, forrajes, agroforestería, medicinal, artesanía, energía, etc. (Cuji, 2017). A continuación, en la tabla 4 se observa la taxonomía completa de esta especie vegetal.

Tabla 4. Taxonomía del Vetiver

Reino	Plantae
División	Magnoliopyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Liliidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae (<i>Gramíneas</i>)
Género	Vetiveria
Especie	Zizanioides

Nota: Esta tabla muestra la taxonomía completa de la planta Vetiver.

8.14.2. Morfología

En su composición de la especie Vetiver se sitúa las características morfológicas de cada una de las partes la especie como una gramínea perenne, con carencia de rizoma radicular, haciendo posible que esta planta crezca con acumulación de grandes tallos, y posee una masa radicular muy espesa, sus tallos pueden llegar a medir de entre 0.5 hasta los 1.5 m. Por lo general sus hojas suelen ser rígidas y largas logrando alcanzar los 0.75 m. de extensión y hasta los 8mm de espesor, el vetiver es capaz de soportar sequías extremas y a su vez soporta también largos periodos de inundación. Crece en un rango amplio de suelos y con diferentes niveles de fertilidad y puede resistir hasta temperaturas de -9° C desde el nivel del mar hasta los 2500 metros sobre el nivel del mar (msnm). (Cuji, 2017)

Las características antes mencionadas hacen que esta especie sea ideal para el sistema IFAV, puesto que las islas están diseñadas para mantenerse a flote en diferentes cuerpos de agua, variando constantemente la temperatura y condiciones climáticas. Dichas características garantizan que el sistema IFAV se desarrolle sin inconveniente alguno.

8.14.3. Usos y Morfología

El vetiver es una de las especies de plantas mayormente tolerables que han sido inmersas en varios proyectos de fitorremediación gracias a su alto rendimiento de retención de algunos metales pesados en aguas residuales como en suelos contaminados y afectados:

La especie vetiver tiene una alta resistencia a ambientes extremos, condiciones de estrés y acidez; es eficiente para la eliminación de zinc, plomo y cromo. Esta especie puede tolerar altos niveles de nitratos, fosfatos, metales pesados, productos químicos agrícolas, etc. Por ello el Sistema vetiver se utiliza para el tratamiento de aguas contaminadas, fecales y/o residuales, también es un excelente remedio contra las aguas plagadas de microalgas verde-azuladas.(Herrera & Sumba, 2019)

La aplicación del sistema vetiver SV para la protección del medio ambiente es una nueva e innovadora tecnología de fitorremediación, este sistema se utiliza en más de 100 países tropicales y subtropicales de Australia, Asia, África y América Latina para el tratamiento y disposición de aguas residuales contaminadas, residuos de la minería y las tierras contaminadas, debido a su eficacia y como métodos naturales de bajo costo de la protección del medio ambiente.(Herrera & Sumba, 2019)

Ecuador cuenta con una gran variedad de pisos climáticos, es por lo que esta especie se adapta muy bien al sistema IFAV, puesto que la planta Vetiver puede sobrevivir a pesar de la variación climática que suele tener el país.

8.15. Sistema de riego

En la actividad productiva de nuestro país se implanta el uso del agua como recursos prioritario para el buen manejo y crecimiento de los cultivos en especial de índole agrícola así argumenta (Calle, 2021) que uno de los objetivos principales de la agricultura sostenible es la optimización del uso del agua en la producción de cultivos, considerando que la agricultura bajo riego es el mayor consumidor de agua dulce. En este contexto, los esfuerzos se concentran en mejorar las eficiencias de conducción, distribución y aplicación. La eficiencia de un sistema de riego es el resultado de la operación de la infraestructura hidráulica bajo normas definidas por la junta de regantes, y por el aporte de los usuarios en el manejo del agua a nivel de parcela. La eficiencia del sistema está integrada por las eficiencias de conducción y aplicación, y la eficiencia del proyecto, por las eficiencias del sistema y de distribución.

8.15.1. Sistema de Riego por Aspersión

En el nuestro país una alta tasa de la población de productores utiliza este sistema de riego ya que favorece en épocas tanto secas como lluviosas dependiendo del estado del año que se encuentren según (Fernández Gómez, 2018) El riego por aspersión es un método mediante el cual el agua se aplica sobre la totalidad de la superficie del suelo en forma de lluvia tal y como se lo puede observar en la figura 4, utilizando para ello una red de riego que permite conducir el agua con la presión adecuada hasta los elementos encargados de aplicarla, los aspersores. La red de distribución del agua está formada por conducciones cerradas que llevan el agua a presión hasta los aspersores; el agua sale de ellos a gran velocidad y cae en forma de lluvia sobre el terreno, donde se infiltrará pasando desde la superficie del suelo hasta capas cada vez más profundas, quedando así a disposición del cultivo.

Figura 4: Sistema de riego por Aspersión



Fuente: Reproducido de Riego por aspersión (Fernández Gómez, 2018)

La cantidad de agua que se infiltra, será más o menos homogénea según sean las características físicas del suelo y las propias características de funcionamiento de los aspersores.

8.16. Agricultura en Ecuador

Gracias a su ubicación geográfica, Ecuador cuenta con una gran variedad de pisos climáticos, los cuales ayudan a que el país se haya basado en la agricultura, logrando aprovechar al máximo la materia prima, que para su comercialización no hace falta recurrir a procesos industriales de transformación que agreguen valor alguno. Según Méndez (2015) alrededor de los años 70, surge el denominado boom petrolero, época en la que la matriz productiva del país tuvo un cambio significativo, puesto que, se optó abandonar los procesos agrícolas para darle paso a las industrias. Cabe recalcar que actualmente el sector agrícola ha tenido mucho impacto en la generación de recursos monetarios, que ayudan también a la movilización de las industrias.

8.17. Agricultura en Toacaso

Uno de los mayores ingresos para la economía de nuestro territorio además de aprovechar los beneficios que nos brinda la naturaleza en esas zonas geográficas es la actividad productiva agrícola:

Un espacio amplio, está cubierto por cultivos de ciclo corto, como producto de la intervención humana; los cultivos agrícolas predominantes son papa, habas, melloco y maíz. El área de cultivo se extiende, incluso sobre los 3700 msnm. La producción de leche fue tomando fuerza y actualmente es la actividad económica más importante de la parroquia, tanto para la producción campesina como la producción de UPAS de más de 10 hectáreas, consecuentemente, la producción de pastos ocupa una parte importante del territorio. Las áreas de plantaciones forestales, especialmente de pinos ocupan un 3%

ubicado especialmente en la Comunidad Rasuyacu, en la Cooperativa Cotopilaló el 2% y Santa Fe con el 1% (GAD Toacaso, 2020).

La parroquia Toacaso se encuentra ubicada en la sierra ecuatoriana, entre los ingresos económicos de las familias del lugar predomina el generado por la agricultura, debido a las características del lugar, los productos principales que se producen son las papas, habas y maíz; actualmente usan sus tierras para la producción de forraje para ganado vacuno.

9. VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA E HIPÓTESIS

¿Resulta eficaz el sistema de fitorremediación mediante Islas Flotantes Artificiales con especie vetiver para la remoción de Arsénico en reservorios destinados para uso agrícola?

Durante el periodo de estudio, se evaluó el comportamiento de la especie con respecto a la remoción de arsénico del agua del reservorio, en dos procesos simultáneos; el primero denominado “muestreo *in situ*”, mediante la utilización de kits de pruebas rápidas de arsénico; se analizó 18 muestras repartidas en tres diferentes puntos; considerando que el sistema IFA ocupó el 16% del total del área y que el margen de error del kit es de +/- 30%, se logró determinar que remoción de arsénico tuvo una efectividad del 35%, logrando remover un máximo de 0,19 mg/L de As del agua, registrado el día 18 de diciembre del 2021.

El segundo proceso denominado “muestreo *ex situ*”, mediante el cual se tomaron 9 muestras de agua en 3 diferentes puntos, para ser enviadas a un laboratorio acreditado, una vez que se obtuvieron los resultados se logró determinar que la remoción de arsénico tuvo una efectividad del 17%, logrando remover un máximo de 0,11 mg/L de As del agua, registrado el día 1 de enero del 2022.

Demostrando así, que el proceso de fitorremediación mediante Islas Flotantes Artificiales con especie Vetiver, se puede emplear como alternativa eficaz, en cuanto a la remoción de As de reservorios de agua destinada a regadío de uso agrícola.

9.1.Hipótesis

En el tratamiento realizado en la especie vegetal pasto vetiver con relación al porcentaje remoción de arsénico existen diferencias significativas en el día 1 y el día 46

Hipótesis Nula

En el tratamiento realizado el porcentaje de remoción de As día 1, SI es igual al porcentaje de remoción de As en el tiempo final, sin ninguna diferencia significativa.

Hipótesis Alternativa

En el tratamiento realizado el porcentaje de remoción de As día 1, NO es igual al tiempo final, y existe una diferencia significativa.

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Tipo de Investigación

10.1.1. Investigación Bibliográfica

Mediante este tipo de investigación se procedió a recolectar toda la información referente al tema de investigación, para ello se emplearon plataformas virtuales, revistas científicas, tesis, libros, informes técnicos y la normativa ambiental vigente.

10.1.2. Investigación Descriptiva

Este tipo de investigación permitió determinar la zona influenciada por la presente investigación, misma que se realizó en el reservorio del canal central de la parroquia Toacaso; el agua, objeto de estudio proviene de una de las vertientes de Los Ilinizas, este recurso beneficia de forma directa a 322 familias.

10.1.3. Investigación de campo

Mediante esta investigación, los investigadores consiguieron identificar y tomar muestras del Sistema de Fitorremediación mediante Islas Flotantes Artificiales con especie de pasto vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), realizando visitas in situ al reservorio, se identificó también que en el proyecto se emplearon 6510 individuos, representando el 100% de la misma especie, con esto se determinó cuan eficaz y eficiente resulta el sistema para la descontaminación del agua.

10.1.4. Investigación Analítica

Investigación que ayudó a la interpretación de los resultados obtenidos de las muestras enviadas a ser analizadas en el Laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM y en la Universidad de las Américas UDLA, mediante el análisis de los resultados y la comparación de los mismos con los límites máximos permisibles, para la determinación de la calidad en la que se encuentra el agua del reservorio del canal central Toacaso.

10.1.5. Método Deductivo

Se aplicó este método para la generación de datos acerca del porcentaje de contaminación por arsénico en las vertientes que alimentan el reservorio del canal principal Toacaso, para posteriormente comparar los resultados con los límites máximos permisibles. Para el completo desarrollo del método se lo realizó en varias etapas detalladas a continuación:

Observación: Se empleó el método de observación para lograr identificar aquellos cambios principales en la especie vetiver durante el periodo de estudio y el porcentaje de supervivencia del sistema IFAV.

Análisis: Para efectuar la interpretación de los resultados, se realizó la operación mediante la exploración del software Excel, mismo que permitió realizar histogramas y gráficas que permitieron valorar el porcentaje de remoción y la evolución del sistema IFAV en un lapso a medida del tiempo planteado.

Comparación: La comparación de los resultados obtenidos durante el periodo de muestreo establecido, es decir, se compararon los resultados tomados al inicio del estudio y al final de este para ver la evolución del sistema. También se realizó una comparación con la Tabla 3 del Anexo 1 del Acuerdo ministerial N°097-A reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente.

10.2. Técnicas

El proyecto de investigación al ser un poco extenso tanto en tiempo como en el área a cubrir, demanda de la utilización de varias técnicas para que su desarrollo no se vea afectado, a continuación, se detallarán las técnicas elegidas para el desarrollo del proyecto:

10.2.1. Observación Directa

Se identificó la zona de estudio en la que se encuentra ubicada el sistema IFAV, sus puntos de captación, y aquellos cambios que se logren identificar en la especie pasto Vetiver.

10.2.2. Monitoreo

Para determinar el estado del agua que ingresa al reservorio y el nivel de As que este recurso tiene, la Central Ecuatoriana De Servicios Agrícolas (CESA), realizó 3 monitoreos en diferentes puntos de captación (río Blanco, río Pucaguayco y Reservorio). Por otro lado, durante el periodo de estudio actual, se realizaron 27 monitoreos de agua (9 en la entrada, 9 en la parte céntrica del reservorio y 9 en la salida). Cabe recalcar que, de estas 27 muestras, 9 fueron enviadas a ser analizadas en un laboratorio acreditado por el SAE, y las 18 restantes se analizaron de forma in situ mediante kits de pruebas rápidas para determinar As en aguas. Las muestras fueron tomadas semanalmente (cada ocho días) en un periodo de 3 meses y sirvieron para determinar el porcentaje de remoción de arsénico en el reservorio central de Toacaso. En cada muestreo de agua, se determinaron los siguientes parámetros con equipo móviles como: pH, temperatura (probador de pH 8685 AZ) y conductividad eléctrica (conductímetro portátil YL-TDS2-A).

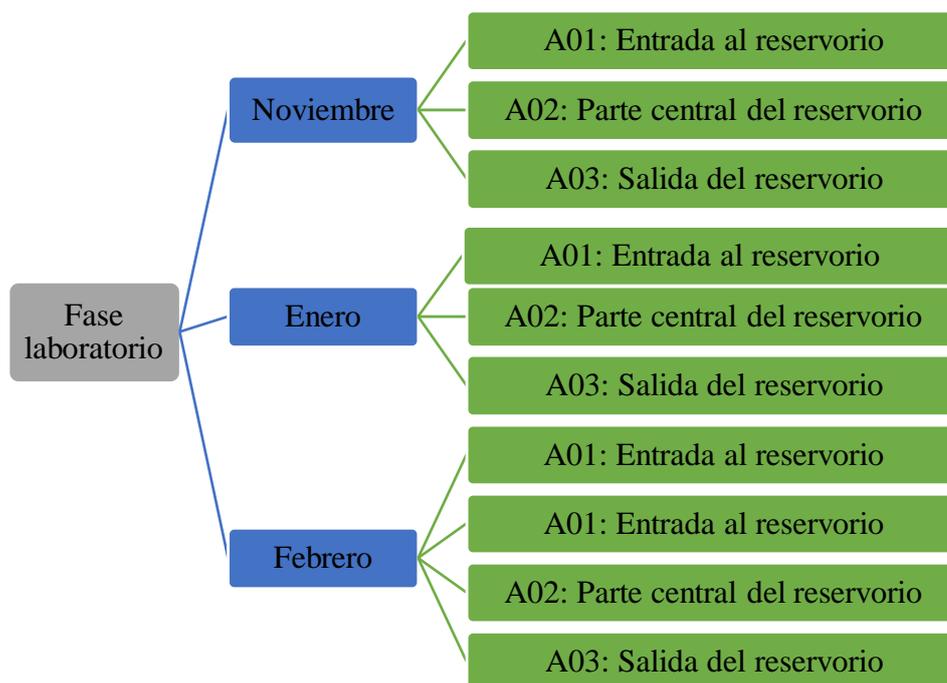
Para finalizar se realizó 24 muestras de la morfología completa de las especies (raíz, tallo, y brotes). Todo esto permitió calcular el porcentaje de remoción, factor de translocación y factor de bioconcentración.

10.2.3. Análisis del porcentaje de remoción de arsénico en agua del sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver en el reservorio Central Toacaso.

10.2.3.1. Fase Laboratorio

La toma de muestras se realizó en 3 repeticiones durante el periodo de estudio, dando inicio el 30 de noviembre hasta el mes de febrero, en cada proceso de muestreo se tomó 3 muestras en puntos diferentes del reservorio central de Toacaso. En la figura 5 se observa los códigos de muestreo y el lugar al que pertenecen, se especifica también el mes de muestreo.

Figura 5. Esquema de muestreo de agua



Nota: Esquema del muestreo empleado para la recolección de muestras enviadas a ser analizadas en el laboratorio CICAM.

Para lo cual se respetó el procedimiento recomendado por el laboratorio CICAM, detallado a continuación:

-Usar guantes de látex para la toma de muestra, esto como medio de protección para el investigador, ya que se manipula de forma directa el agua a ser muestreada.

-Se recomienda enjuagar el envase de plástico al menos tres veces con la fuente de agua a ser muestreada, esto para evitar alteraciones en la muestra.

-Llenar los frascos de plástico (100 mL recomendado) o a su vez llenarlo completamente y taparlos sin dejar aire sobre la muestra, esto para evitar interferencias al momento de realizar los análisis.

-Adición del preservante: el compuesto químico usado es el ácido clorhídrico al 36%, necesario para la conservación específica de ciertos elementos para la determinación de arsénico, por lo cual se adiciona inmediatamente 8 gotas en el sitio de la recolección; para después taparlos.

-La refrigeración o congelación de las muestras no es necesario ya que por el preservante se las puede mantener a temperatura ambiente.

- Los frascos que contienen las muestras deberán ser protegidos y rotulados de forma que no se pierda el desarrollo de toma de muestra y que favorezcan con una acertada relación con los resultados, así mismo deben llevar su correspondiente código que los identifica, marcados de una manera clara y permanente (fecha y hora del muestreo, cantidad de los conservantes adicionados).

10.2.3.1. Determinación del porcentaje de remoción de As (%R).

Para decidir la operatividad del sistema de las IFAV en relación a la utilización única de la especie pasto Vetiver, se revisan los datos adquiridos por el laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental (CICAM); para determinar las concentraciones de arsénico se debe ejecutar la siguiente fórmula planteada para el cálculo del porcentaje:

$$\%R_N = \left(\frac{C_0 - C_1}{C_0} \right) * 100\% \quad (\text{Eq. 1})$$

Donde:

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

C_0 = Valor de concentración del parámetro inicial en mg/L

C_1 = Valor de concentración del parámetro final en mg/L

10.2.3.2. Fase *In situ* (Kit Arsénico)

10.2.3.2.1. Kit De Arsénico (As)

. El arsénico es tóxico y causa enfermedades de la piel como los melanomas. Por tal razón, es muy importante monitorizar el nivel de arsénico en las aguas de consumo doméstico. La OMS recomienda desde 1992 un valor límite en agua potable de 0,01 mg/L (GREEN, 2018).

El kit de pruebas rápidas empleado para el estudio fue el “Quick (water, wood, and soil analysis) modelo 481396-5” figura 5, dicho kit es ideal para detectar la presencia de As en el agua, este tiene la capacidad de realizar hasta cinco repeticiones por cada caja; contiene una botella con la medida exactas para el análisis, una tapa amarilla, 5 tiras de As, una tapa blanca (adecuada para que se puedan colocar las tiras de As), 5 sobres con reactivo 1 (ácido tartárico con sales de Fe y Ni), 5 sobres con reactivo 2 MPS (oxidantes), 5 sobres con polvos de zinc y una hoja con los colores de referencia para la identificación de la cantidad de As presente en agua.

Figura 6: Kit de Arsénico



Fuente: Reproducido de Kit para análisis de Arsénico (As³⁺ / 5+), de (GREEN, 2018)

Según Green, (2018) con este método se pueden detectar aún 0,005 mg/L de Arsénico. La determinación incluye la eliminación de iones perturbantes de sulfuro. El test de arsénico contiene una tarjeta de diferenciación coloreada lavable con instrucciones sencillas en forma de pictogramas. Este método de prueba visual requiere alrededor de 15 minutos y emplea una tira de prueba. Los compuestos inorgánicos As⁺³ y As⁺⁵ se convierten en gas Arsina, este gas reacciona con la tira de prueba en un recipiente cerrado, produciendo un color que puede ir de amarillo a café. Los colores de la tira se comparan con una carta de colores para determinar la concentración de arsénico en partes por billón (ppb).

10.2.3.2.2. Componentes y modo de uso

Para el uso adecuado del kit de arsénico, se debieron seguir algunos procedimientos con protocolos de tiempos, además de usar de manera correcta y en cantidades adecuadas cada reactivo proporcionado por el mismo, a continuación, se detallará paso a paso el procedimiento empleado:

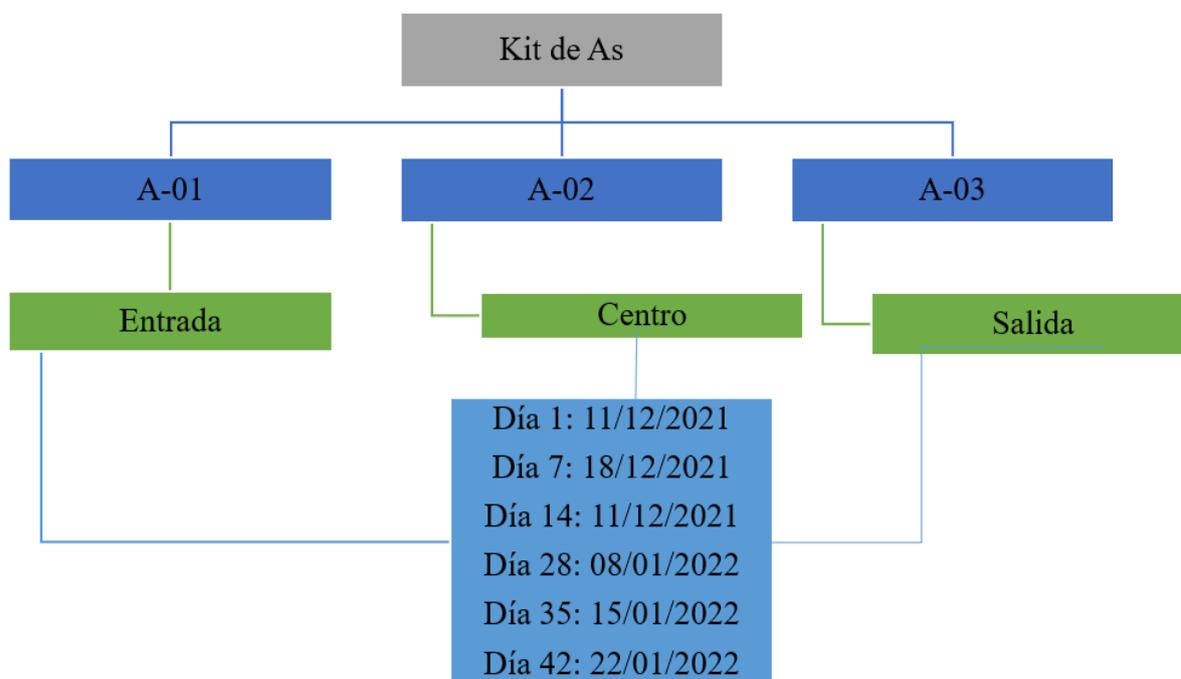
- Se recomienda realizar las pruebas en lugares ventilados o al aire libre
- Se llenó la botella con 100 mL del agua a ser analizada, a continuación, se agregó el reactivo 1 (ácido tartárico con sales de Fe y Ni), se aseguró con la tapa amarilla y agitó por 15 segundos.
- Posteriormente, se agregó el reactivo 2 MPS (Oxidante), se aseguró con la tapa amarilla y agitó por 15 segundos, seguidamente se dejó reposar por dos minutos.
- Se agregó el reactivo 3 (Polvos de Zinc), agitar por 5 segundos, se tapó con la tapa amarilla.

- Mientras tanto en la tapa blanca se introdujo una tira de arsénico con la señal hacia el borde exterior, (la tira de arsénico no se debe mojar); inmediatamente se cambió la tapa amarilla por la tapa blanca con la tira de arsénico y se dejó reposar por 10 minutos exactos.

- Finalmente pasados los 10 minutos, se retiró la tira de arsénico y se comparó con la tabla de resultados para determinar el arsénico que contiene el agua analizada.

La toma de muestras se realizó semanalmente durante el periodo de estudio, dando inicio el 7 de diciembre hasta el mes de febrero, en cada proceso de muestreo se tomó 3 muestras en puntos diferentes del reservorio central de Toacaso; con tres repeticiones de cada punto. A continuación, en la figura 6 se detallan los días en los que se realizaron los análisis

Figura 7. Esquema del análisis *in situ*

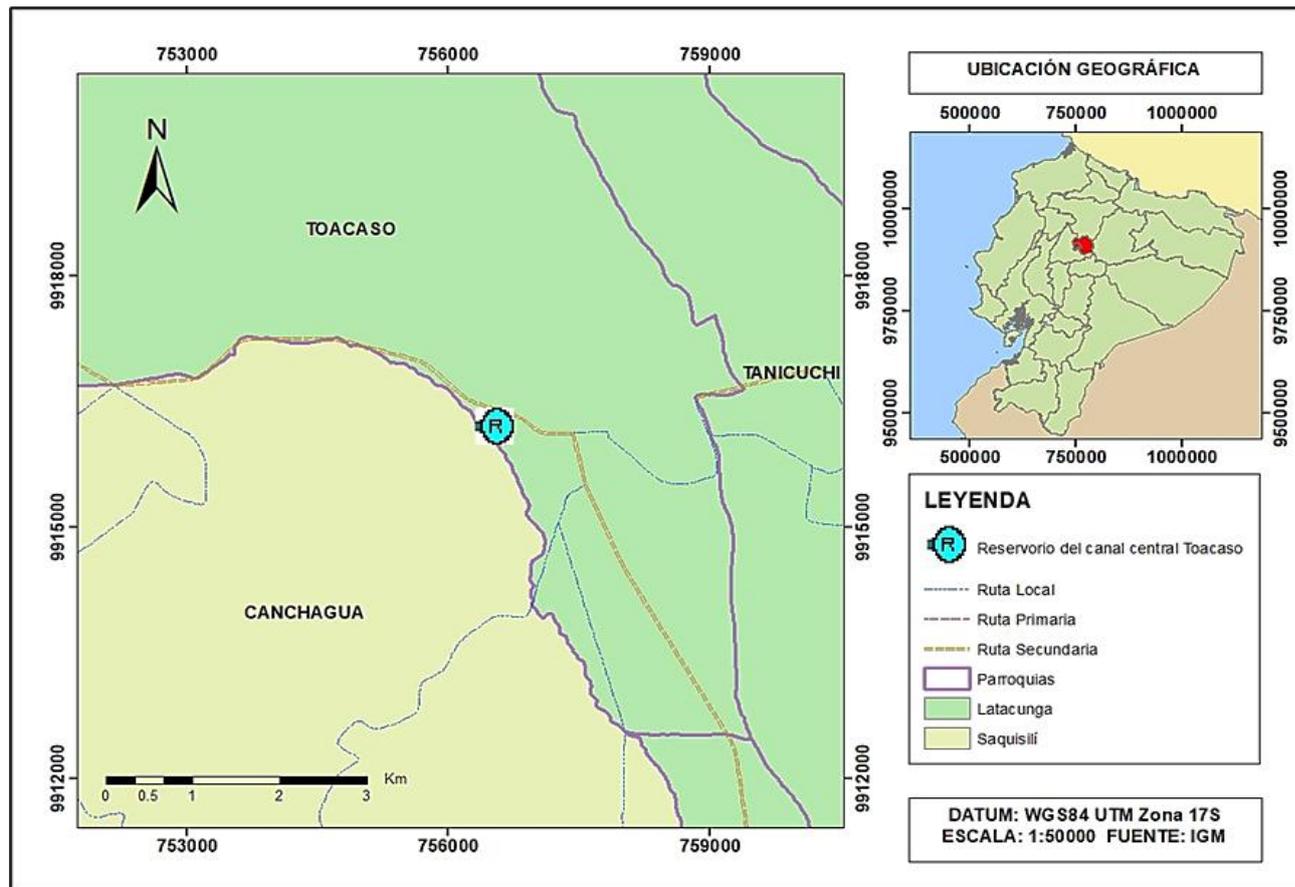


Nota: Esquema de análisis del agua mediante el kit de As, se especifica los días y el lugar en el que se realizó el procedimiento.

10.2.4. Área de Estudio

El estudio corresponde a los cuerpos de agua que son aprovechadas en el tanque reservorio central Toacaso las cuales provienen de la subcuenca del río Cutuchi y micro cuencas que son el río Blanco y Pucaguayco; el reservorio cuenta con un caudal de alimentación de 175 l/s más los excedentes, ubicada en el Cantón Latacunga de la Provincia de Cotopaxi como se muestra en la figura 6.

Figura 8: Mapa de ubicación del reservorio.



Fuente: Utilización de la herramienta digital ArcGIS Ubicación geográfica.

Además, el reservorio es gestionado por parte de la junta de agua de Toacaso que conforma la mayoría de los habitantes de esta parroquia. Acotando a esto también se obtuvieron las coordenadas del reservorio dados en 8 puntos con su respectiva altitud como se lo indica en la tabla 5.

Tabla 5. Área de estudio.

Coordenadas UTM WGS 84-17S		
X	Y	Z
756492	9916270	3208
756543	9916217	3207
756578	9916180	3204
756561	9916163	3202
756546	9916150	3201
756512	9916190	3204
756472	9916242	3206
756481	9916254	3204

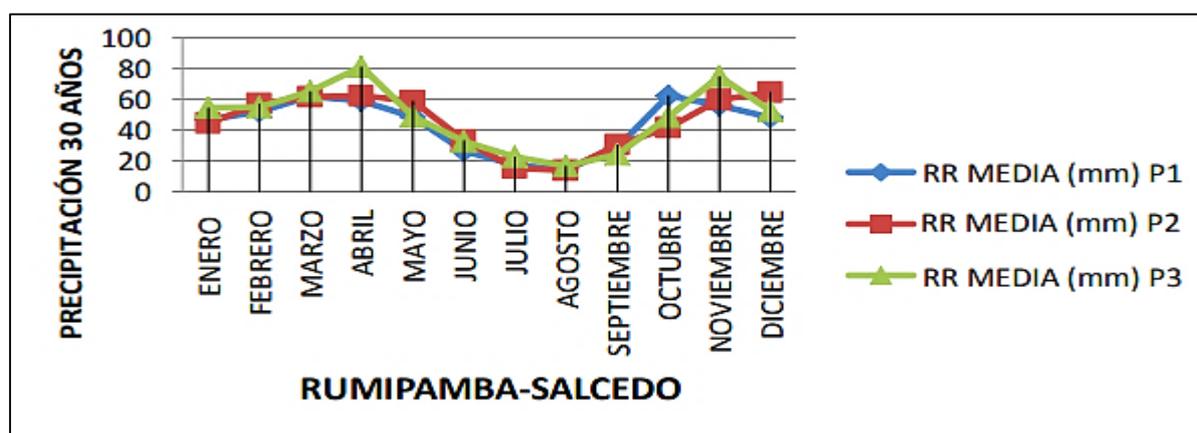
Fuente: Google Earth, 2020

Con el objetivo de determinar el porcentaje de remoción de arsénico por el sistema de las (IFAV), la presente investigación está conformada de tres etapas, las cuales son: Adaptación, Evaluación y Disposición Final.

10.2.5. Datos de precipitación de la estación meteorológica más cercana

Se ha determinado que la estación meteorológica más cercana al punto de estudio es la M0004 con el nombre de “Estación meteorológica Rumipamba-Salcedo”; (Caicedo, 2017) demuestra que el “promedio medio decadal del P1 (1986-1995), P2 (1996-2005) y P3 (2006-2015) se puede evidenciar que la precipitación del P3 ha sufrido una variación en comparación a los períodos anteriores”, en la figura 7 establece que los meses de abril y noviembre son los meses con mayor cantidad de precipitación.

Figura 9: Precipitación media decadal 1986-2015 de la Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo Estación Meteorológica Rumipamba-Salcedo



Fuente: Caicedo, 2017

10.2.6. Proceso de adaptación, nutrición e intoxicaciones de la especie vetiver elaborado por la empresa CESA

La entidad CESA gestionó la compra de plantas provenientes de la provincia de Imbabura, estas se adquirieron con una longitud de entre 20 a 25 cm., para posteriormente trasladarlas a la parroquia de Toacaso de la provincia de Cotopaxi que se encuentra a una altitud de 3190 msnm. Para su adaptación se inició en dos fases:

10.2.6.1. En Suelo

Se comenzó por la limpieza del suelo quitando las malas hierbas, raíces y demás materiales que interfieran en el crecimiento de la planta, esta operación se realizó con azadón y con la mano para tener una limpieza más eficiente de las malezas. El abonado del suelo la tierra se

fertilizó mediante la incorporación de abono orgánico suficiente para la nutrición de las plantas por otro lado el Trasplante que se realizó por esquejes, mediante Distribución individual de muestras hojas y tallos, con presencia de raíces, para posteriormente trasplantarlas con un poco de abono orgánico (dos puños) en cada hoyo, con separación entre plantas de 30 cm, el riego después del trasplante fue frecuente en forma moderada durante 15 días y después se aplicara el agua en mayores intervalos. La adaptación en el suelo será por un periodo de tiempo de 3 semanas.

10.2.6.2. En Agua

El sistema de islas flotantes artificiales una vez ensambladas se instaló en el tanque reservorio del Canal Central Toacaso, antes las raíces serán sumergidas en agua con nutrientes para acelerar su crecimiento. El tiempo de adaptación dando lugar al seguimiento en el agua del tanque reservorio se realizó en dos partes las primeras que se implementó en el mes de marzo incorporando 60 individuos (2 IFAV) y en agosto que se implementó 6510 (217 IFAV) individuos por un periodo de tiempo de mes para las primeras islas y luego tres meses para comenzar con las evaluaciones de la calidad del agua.

10.2.7. Elaboración del Sistema de islas Flotantes Artificiales (IFAV)

10.2.7.1. Elaboración de las Islas Flotantes Artificiales

- Selección de Materiales

La matriz flotante se construyó con materiales reciclables y de bajo impacto ambiental, como son tubos y codos PVC de 4 pulgadas, pegamento de tubo, una malla plástica, correas de amarres plásticas. Estos materiales han sido seleccionados por su durabilidad y disponibilidad en el medio.

- Embalsado de la Matriz Flotante

Para la unión entre los tubos PVC y los codos del mismo material se usaron una capa de pegamento de tubos PVC, esto para asegurarlos y dar una mayor permeabilización al momento que las matrices ingresen al agua, ya completamente secas se procedió a la fijación de la malla plástica asegurándola con correas de amarres plásticas.

- Incorporación de Sustrato

La fibra de coco funciona en las islas flotantes artificiales como un aislante entre el agua y la planta, por lo que disminuye enfermedades y plagas. La fibra de coco requiere de un proceso de elaboración como se da a conocer en la tabla 6.

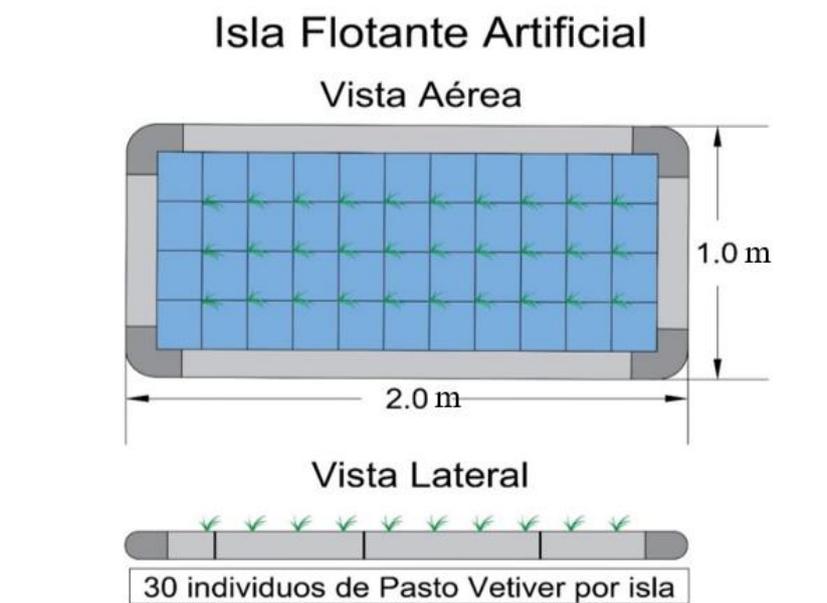
Además, se coloca una capa de pumita (piedra pómez) como soporte a la vegetación, permitiendo la fijación de la población microbiana, que va a participar en la mayoría de los procesos de eliminación de los contaminantes.

Tabla 6. Materiales y elaboración del sustrato

Sustratos	Materiales	Insumos	Procedimientos
Fibra de Coco	Bandejas De Aluminio Estufa Binder	Agua (H_2O) Sal (NaCl)	La fibra debe quedar a manera de hilos muy finos, lavarlos con abundante agua y sal, se realiza un nuevo lavado que retire la sal para finalmente secarla en una estufa por 2 horas a una temperatura de 120 °C

Elaborado por: Autores

Mediante la herramienta digital AutoCAD, se logró plasmar el diseño de las IFAV, diseño que se adapta al propuesto por el proyecto PIT (figura 9), las cuales se construyeron e incorporaron en el reservorio del canal central Toacaso, respetando los procedimientos establecidos en la metodología del proyecto PIT. Se construyeron 217 matrices flotantes, que, al momento de ser incorporadas en el reservorio, lograron ocupar el 16% del área total

Figura10: Diseño de la construcción de la IFAV.

Fuente: Autores.

10.2.7.2. Identificación de las medidas del reservorio.

Se identificaron y midieron los límites del reservorio con una cinta métrica, esto con la finalidad de establecer el área planimétrica del reservorio. Se precisó que el estanque es de forma rectangular irregular, cuyas dimensiones son: a lo ancho por el extremo este con 31.54 m y el extremo oeste con 40.60 m; y cuyas dimensiones de largo son: por el extremo norte 104.73 m. y el extremo sur con 101.65 m, dimensiones con las cuales se estableció que el reservorio cuenta con un área planimétrica de 3715 m² además en la tabla se presentan más características generales del reservorio.

Quijia, (2020), establece que la capacidad de embalse del reservorio del canal central Toacaso es de 7336,15 m³, de esta capacidad, el 100% es aprovechado como volumen útil.

Tabla 7: Características del reservorio central de Toacaso

Capacidad del embalse	7336.15 m ³
Volumen útil	7336.15 m ³
Caudal de alimentación actual	175 L/s
Tiempo de llenado	12 horas

Fuente: (Quijia, 2020)

10.2.8. Evaluación del Sistema de Islas Flotantes

10.2.8.1. Muestreo.

10.2.8.1.1. Toma de la muestra de agua.

Las muestras de agua tomadas son utilizadas para determinar la concentración de Arsénico (As) al inicio, durante y al final de la investigación, es decir, la investigación evaluó el proceso de evolución en la disminución del metaloide mediante la implementación del sistema IFAV. Para su desarrollo se utilizó la Norma Técnica INEN 2169:2013 como se indica en la tabla 7, la cual va enfocada en la calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras. A continuación, se detalla el procedimiento de muestreo:

- Se utilizó guantes de látex para la toma de muestra evitando contaminación externa.
- Se enjuagó el envase con el agua que se va a muestrear tres veces antes de ser recolectada.
- Se recolectó una muestra de 500 ml de muestra de agua, asegurándose que el envase no se llene completamente permitiendo la refrigeración de muestra.
- Adición del 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 para su determinación.
- Refrigeración de 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.
- Rotulación de los frascos: Las muestras deben estar bien diferenciadas de tal forma que tenga una positiva relación en los resultados obtenidos. por lo cual se debe registrar cada una de las muestras con un código referencial que las distinga entre sí utilizando un marcado de manera clara y legible y con tinta permanente.

Tabla 8. Requerimientos para la toma de muestras de agua.

Parámetro	Volumen mínimo de muestra	Envases	Preservante	Recolección
Arsénico	100 ml	Vidrio, plástico o vidrio borosilicato	Ácido Nítrico	Enjuagar el envase tres veces con el agua que va a ser muestreada, añadir 0,5 ml g de ácido nítrico, cerrar bien y almacenarlas en refrigeración

Elaborado por: Autores

10.2.9. Determinación de la retención de arsénico en la especie pasto vetiver

10.2.9.1. Toma de muestras vegetales de las especies Vetiver.

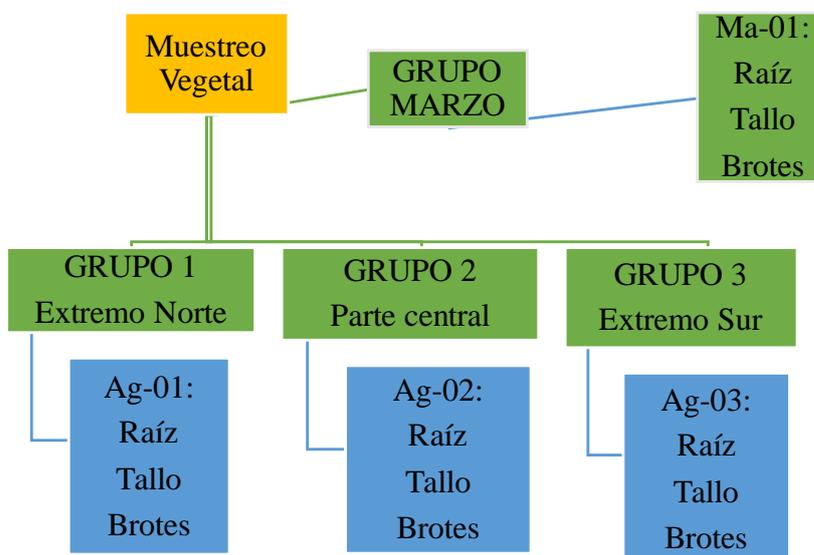
El análisis morfológico de las muestras de las especies utilizadas en la investigación se realiza para determinar el nivel de retención de arsénico en los distintos órganos vegetales. De esta manera se logrará estimar su punto de saturación, mismo que se lo realiza antes, durante y al finalizar la investigación.

Para la toma de muestras vegetales se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Recolectar las muestras sólidas de la planta en fundas plásticas correctamente selladas. La cantidad mínima de cada muestra será de 3 gramos.
- Una vez tomadas las muestras, se deberán preservar en congelación hasta su llegada al laboratorio. La temperatura recomendada de congelación es de -20°C.
- El periodo que debe regirse para la recepción de la muestra tanto desde que se tomó la muestra hasta la entrega en el laboratorio es de 5 días como máximo.
- Evitar el contacto con utensilios metálicos o papel aluminio.
- Se debe etiquetar correctamente las muestras para su correcta identificación. Cada envase contenedor de una muestra debe estar etiquetado con por lo menos el código único de identificación, este debe estar escrito con un marcador de tinta permanente y que sea legible.

Debido al extenso número de IFAV instaladas en el reservorio, para el muestreo de la especie se optó por un muestreo aleatorio estratificado, en donde se organizó al sistema en 3 grupos, cada uno consta de 3 columnas, dichas columnas están conformadas por 26 islas. Se realizaron dos monitoreos, el primero, el día 12 de diciembre del 2021 y 46 días después. Para la recolección de las muestras de raíz, tallo y brotes, se realizaron muestras compuestas. Se realizó dos monitoreos para las IFAV instaladas en el mes de agosto y adicionalmente se realizó el monitoreo correspondiente para el grupo de IFAV instaladas a modo de prueba en el mes de marzo. En la figura 11 se detallan los grupos realizados para el muestreo y el código asignado para las muestras correspondientes.

Figura 11. Esquema del muestreo vegetal (vetiver)



10.2.9.2. Análisis estadístico mediante la prueba Chi cuadrado

El análisis chi cuadrado se realizó a los resultados obtenidos de las raíces, tallos y brotes, esto con la finalidad de comparar los resultados obtenidos durante los dos monitoreos realizados en los tres diferentes grupos de muestreo, para el cumplimiento de los establece el análisis chi cuadrado de emplearon las fórmulas citadas por Quevedo, (2011) quien detalla lo siguiente:

$$X^2 = \sum \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i} \quad (\text{Eq. 1})$$

Dónde:

X^2 = Chi cuadrado

O_i = Valor observado

E_i = Valores estimados

Para el cálculo de los valores se empleó la siguiente fórmula:

$$E_i = \frac{n_i * n_f}{n} \quad (\text{Eq. 2})$$

Dónde:

n_i = Suma individual de las columnas

n_f = Suma individual de las filas

n = Suma total de las filas y columnas

10.2.10. Determinación del orden en la distribución de los diferentes órganos vegetativos de arsénico en las especies vegetativas.

10.2.10.1. Determinación del Factor de Translocación (TF).

Para la determinación del factor de translocación en la especie Vetiver, se procesó, analizó e interpretó los resultados generados por parte Laboratorio de la Universidad de las Américas – UDLA, para determinar el factor de translocación se empleó la fórmula establecida por (Shu et al., 2002), donde menciona que se debe dividir los valores obtenidos del tejido de interés para los valores de la raíz.

$$TF = \frac{(\text{Metal})_{\text{tejidos}}}{(\text{Metal})_{\text{raíz}}} \quad (\text{Eq. 2})$$

Donde:

TF = Factor de Translocación

(Metal) tejidos = Concentración del metal en el órgano de interés (Raíz, tallo, brotes,) en mg/kg

(Metal) raíz = Concentración del metal en la raíz, en mg/kg

10.2.10.2. Determinación del Factor de Bioconcentración (BCF).

Para poder determinar el factor de bioconcentración en la morfología del espécimen se procesó, analizó e interpretó los resultados entregados por parte del Laboratorio de la Universidad de las Américas – UDLA, para esto se calculó la bioconcentración (FBC) de la especie pasto vetiver para As, para determinar su eficiencia en el proceso de fitorremediación. El factor de bioconcentración es la relación entre la acumulación del metal en el agua y en la biomasa de la planta. Además, esto nos determinará si nuestra especie es acumuladora o Hiperacumuladoras y constatar si es tolerante o excluyente como se lo muestra en la siguiente ecuación:

$$BCF_{raíz} = \frac{(Metal)_{raíz}}{(Metal)_{agua}} \quad (\text{Eq. 3})$$

Donde:

$BCF_{raíz}$ = Factor de Bioconcentración en la raíz de la planta

$(Metal)_{raíz}$ = Concentración del metal solo en la raíz de la planta en mg/kg

$(Metal)_{agua}$ = Concentración del metal en el agua en mg/kg.

10.2.10.3. Categorización de las plantas en base a su concentración y factores de bioconcentración y translocación.

Según Bolívar, (2020) para poder realizar la categorización en la planta es necesario primero determinar si la planta es Hiperacumuladoras o no , en caso lo sea, se pasa a determinar el factor de bioconcentración en la parte aérea de la planta y el factor de translocación para conocer con ambos factores cuan Hiperacumuladoras es la planta, en caso contrario solo se determina el factor de bioconcentración, y el factor de translocación para saber si la planta es fitoestabilizadora o no. Por otro lado, se realizó los cálculos con fórmulas que fueron empleadas para sacar así los valores y poder realizar la caracterización mencionada.

a) Rangos de bioconcentración (parte aérea de la planta)

Para poder establecer si la planta es excluyente (exc), acumuladora (acm) o Hiperacumuladoras (hacm), Bolívar, (2020) argumento que en parte aérea de esta se establecen tres principios: El primero establece que cuando el BCF aérea es menor de 1 la planta es considerada excluyente; el segundo principio dispone que cuando el BCF aérea

conste de un valor de entre 1 a 10, la planta se denominará acumuladora; y el tercer principio establece que cuando el BCF aérea sea mayor de 10 la planta será una hiperacumuladora.

a) Rangos de bioconcentración (parte raíz de la planta)

Manzanillas & Ávalos, (2017) argumenta que cuando el FBC es de orden uno, o menos, se evidencia que la sustancia en cuestión no experimenta bioconcentración; los FBC inferior a 10 se consideran de bajo FBC, los de 10-100 son de carácter intermedio, y los de FBC superior a 100 se clasifican de alto potencial de bioconcentración

b) Rango del Factor de translocación.

En relación al $TF > 1$ significa que la especie vegetal traslada eficientemente los metaloides desde la raíz hacia la parte aérea de la misma por lo cual su clasificación es de una Hiperacumuladoras de metales en zonas aéreas.

En relación al $TF < 1$ significa que la especie vegetal no traslada eficientemente los metaloides desde la raíz hacia la parte aérea de la misma, por lo cual su condición es de fitoestabilizar metales en sus raíces.

10.2.10.4. Límites Máximos Permisibles.

10.2.10.4.1. Muestras de Agua

El agua del reservorio está destinada para el riego para uso agrícola, por lo que en el presente estudio se seleccionó 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 (MAE): Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua”, en la tabla 8 se establecen los límites máximos permisibles de metales, en este caso el límite máximo permisible a estudiar es el As.

Tabla 9. L.M.P. para agua de riego para uso agrícola.

Parámetros	Siglas	Unidad	Límite Máximo Permisible
Arsénico	As	mg/l	0,1

Fuente: (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

10.2.11. Disposición del Sistema de Islas Flotantes Artificiales IFAV al término del periodo de estudio.

10.2.11.1. Disposición de la matriz flotante al término del periodo de estudio.

La estructura flotante está compuesta por un marco de tubos y codos PVC, este es un “material químicamente inerte frente a todas las sustancias químicas presentes en la naturaleza. Esto hace que se eviten problemas de degradación del material” (Martínez, 2015). Es un material ideal para la elaboración de proyectos de larga duración, la vida útil de este material se estima en un mínimo de 15 años y con un máximo de 100.

Al estar elaboradas con un material de larga duración, después del periodo de estudio, estas se podrán seguir utilizando con el mismo propósito, con la finalidad de seguir mejorando constantemente la calidad de agua que se entregue por parte de la junta del canal central de la parroquia Toacaso. Por otro lado, serán destinadas a métodos de reciclaje y de remodelación para la utilización en varias actividades de construcción o artesanías.

10.2.11.2. Disposición Final del Material Vegetativo.

Se considera como material vegetativo a la fibra de coco empleada para la plantación de la especie Vetiver durante el periodo de estudio se ha evidenciado que con el tiempo se va consumiendo, ya sea por la presencia de aves en el reservorio o por la disposición de la malla que hace, que la fibra de a poco se vaya desplazando.

En cuanto a la especie en sí, se le puede asignar varias alternativas de uso, como: la alimentación para los animales, elaboración de artesanía y materiales para la agricultura ecológica así lo menciona (Truong, s/f). Sin embargo, en este caso la especie al encontrarse contaminada con As, no se recomienda alguna de las actividades antes mencionadas, ya que, al hacerlo se podría estar perjudicando la salud de los animales o afectar procesos agrícolas.

Las opciones más viables para este caso son la incineración de la especie o la recolección y empaquetado correcto para su posterior entrega a un gestor ambiental, esto para garantizar que el As presente en la planta no vuelva a ingresar al sistema. Una opción alterna, pero más costosa y complicada es la extracción del As de la planta por medio de procesos bioquímicos.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

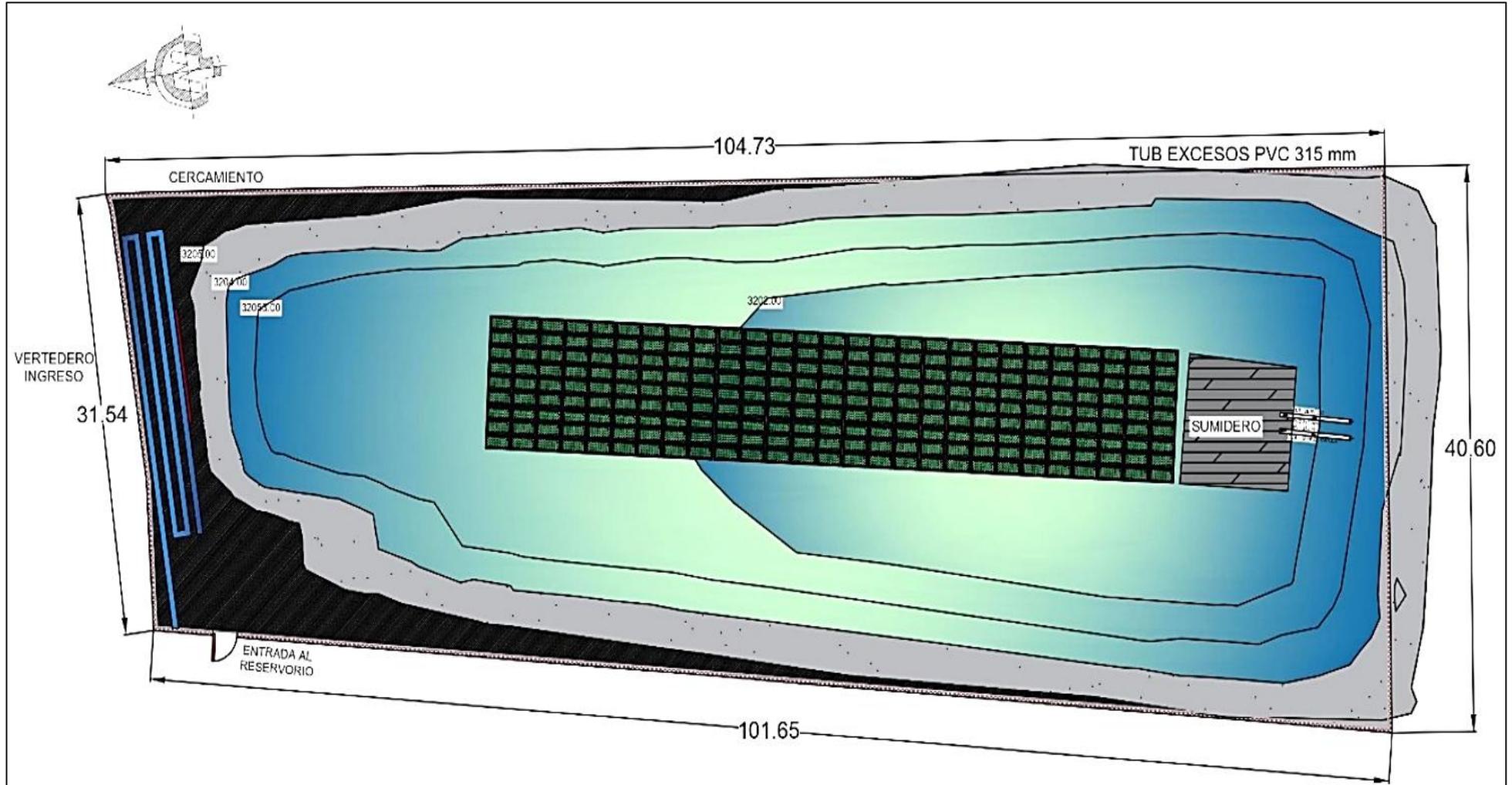
11.1. Análisis de los resultados

11.1.1. Resultado de la tipificación del tanque reservorio

Las IFAV se colocaron en el tanque reservorio el cual se encuentra en la parroquia de Toacaso, cantón Latacunga dentro de la provincia de Cotopaxi. El reservorio está en la parte central de Toacaso barrio Pueblo, su afluente baja de la microcuenca Cutuchi y de los ríos Pucaguayco y Blanco (de los cuales depende su alimentación hídrica), con una elevación de 3236 m.s.n.m. Dicho reservorio es considerablemente grande, ya que cuenta con un área planimétrica de 3715 m², una profundidad máxima de 7m y un caudal de alimentación de 175 L/s, con relación al tiempo de llenado es de 12 horas.

En la figura 10 se puede observar la distribución espacial del reservorio, primeramente, el ingreso del agua está ubicado por la parte izquierda con relación a la entrada del reservorio, por otro lado, cuenta con un desarenador en el cual se encuentra a una profundidad de 7m en la parte final del reservorio además de dos tuberías de agua las cuales alimentan a los beneficiarios del reservorio. Debido a esto, las IFAV se ubicaron en la parte central del reservorio acomodadas en 9 filas de 26 islas cada una de ellas.

Figura 12. Distribución espacial de las islas flotantes en el reservorio



Fuente: Autores.

11.1.2. Análisis del porcentaje de remoción de arsénico en agua por efecto del sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) con la especie pasto vetiver en el reservorio Central Toacaso.

11.1.2.1. Resultados de los muestreos

11.1.2.2. Análisis de los resultados de las muestras de agua tomadas en las captaciones y en el reservorio

CESA logró determinar las concentraciones de As en el agua que ingresa al reservorio, realizando tres muestreos en diferentes puntos de captación del reservorio (río Blanco, río Pucaguayco y reservorio central), dichas muestras fueron enviadas a ser analizadas en el Laboratorio Australian Laboratory Services (ALS), los resultados obtenidos establecen que el agua de las captaciones contiene niveles de As superiores a lo establecido en la Tabla 3 del Anexo 1 del Acuerdo ministerial N°097 A, los resultados de los análisis los podemos observar en la tabla 12.

Tabla 10. Resultados de muestras (captaciones y reservorio).

Coordenadas UTM 17 S		Elevación
X	Y	msnm
755838		
755412	9916656	3326
756490	9916893	3280
	9916263	3212

AGUA			
Código	Parámetro	Concentración (mg/l)	L.M.P (mg/l)
B01	As	0,297	0,1
P01	As	0,330	0,1
R01	As	0,260	0,1

Elaborado por: Autores

11.1.3. Análisis de los resultados de las muestras de agua (Fase Laboratorio)

Se realizó el monitoreo de una de las fuentes de agua que alimenta el reservorio central de Toacaso proveniente del río Blanco en tres diferentes puntos del reservorio, ubicado en la parroquia Toacaso, perteneciente al cantón Latacunga provincia de Cotopaxi, lugar en el cual se llevó cabo la investigación durante tres meses (noviembre, diciembre y enero).

Ya determinados los puntos de muestreo que son A-01 (Entrada), A-02 (Reservorio) y A-03 (Salida) y el área de estudio, se procedió con la toma de muestras respetando el protocolo de muestreo establecido anteriormente en la metodología, una vez tomadas las muestras y con su respectivo etiquetado, se trasladaron dichas muestras al laboratorio del Centro de Investigación y Control Ambiental CICAM para su posterior análisis. Con los resultados proporcionados por parte del laboratorio y la interpretación y análisis de estos datos se estableció el porcentaje de As presente en la entrada, parte central y salida del reservorio que representa al primer beneficiario, determinando así su porcentaje de remoción. Los resultados que se muestran en la Tabla 14.

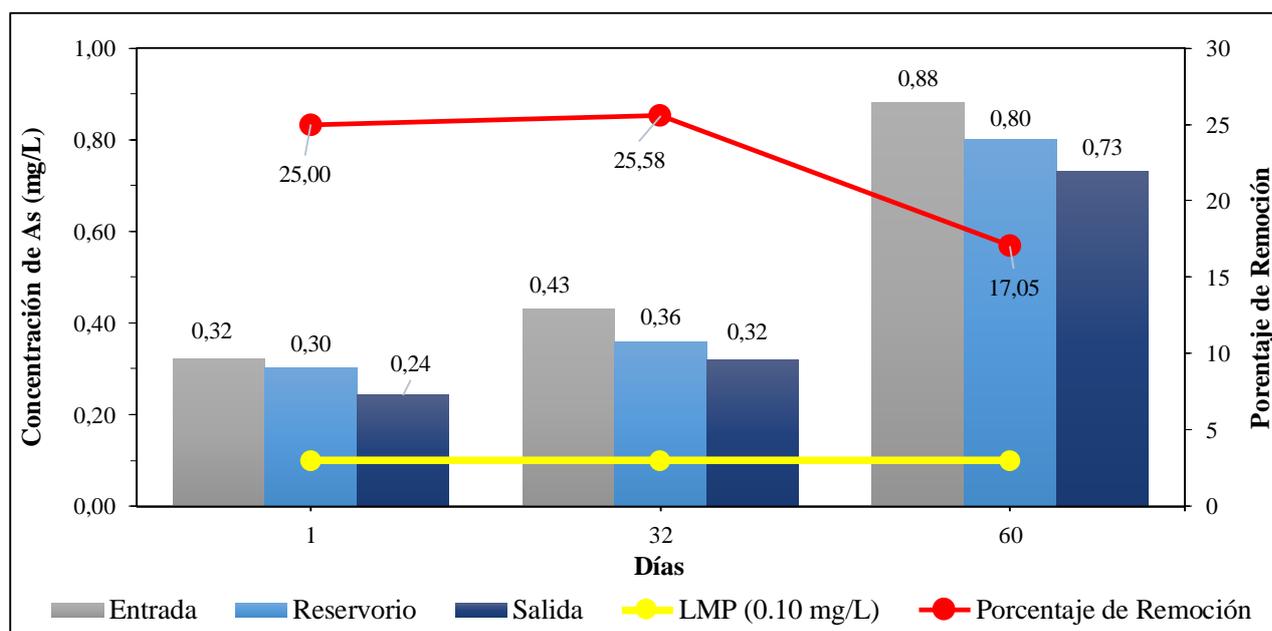
Tabla 11. Muestreos de agua (Fase Laboratorio).

Código de muestra	Fechas de muestreo	Día de muestreo	As Concentración (mg/L)	L.M.P. mg/L)	Porcentaje De Eliminación
A-01	30/11/2021	1	0.32	0.1	N. A.
A-02	30/11/2021	1	0.30	0.1	6.25
A-03	30/11/2021	1	0.24	0.1	25
A-01	01/01/2022	32	0.43	0.1	N. A.
A-02	01/01/2022	32	0.36	0.1	16.28
A-03	01/01/2022	32	0.32	0.1	25.58
A-01	29/01/2022	60	0.88	0.1	N. A.
A-02	29/01/2022	60	0.80	0.1	9.09
A-03	29/01/2022	60	0.73	0.1	17.02

Elaborado por: Autores

En la figura 11 se observa que, durante el periodo de estudio el comportamiento del As en el reservorio tiene muchas variaciones, se calculó que el promedio de remoción del sistema es del 17%, en comparación de los tres puntos y periodos de muestreo. Estas variaciones en el comportamiento del As son consideradas normales, esto debido a que el reservorio es de flujo continuo o agua corriente y que durante el último mes de estudio las precipitaciones en el lugar fueron altas.

Se tomaron un total de 9 muestras de agua, de las cuales 3 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 con IFAV (entrada) con un valor de 0.32 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.30 mg/L de As y (salida) con un valor de 0.24 mg/L de As, así obteniendo un 25% de remoción. En el muestreo 2 (día 32) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.43 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.36 mg/L y una concentración final (salida) de 0.32 mg/L de As obteniendo un 25.58% de remoción. En el muestreo 3 (día 60) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.88 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.80 mg/L y una concentración final (salida) de 0.73 mg/L de As obteniendo un 17.05% de remoción. La figura 11 indica la efectividad de la especie pasto Vetiver en la remoción de arsénico tuvo una efectividad del 17% tomando en cuenta que se instaló el 16% del total del área.

Figura 13. Porcentaje de remoción de arsénico en agua (Fase Laboratorio)

Fuente: Autores

11.1.4. Análisis de los muestreos de agua (Fase In situ) con Kit de Arsénico.

Se realizó el monitoreo de una de las fuentes de agua que alimenta el reservorio central de Toacaso proveniente del río Blanco y río Pucaguayco en la barriada El Pueblo, parroquia Toacaso provincia de Cotopaxi; en donde se realizó el trabajo de estudio que tuvo una duración de tres meses (noviembre, diciembre y enero).

Ya determinados los puntos de muestreo: A-01 (Entrada), A-02 (Reservorio) y A-03 (Salida) y el área de estudio, se procedió con la toma de muestras respetando el protocolo de muestreo establecido anteriormente en la metodología, las cuales se realizó con los kits de arsénico de manera tal que el resultado se obtenía al instante, por lo cual al acabar dicho procedimiento con su comparación correspondiente esto se presentan en la Tabla 15.

Tabla 12. Porcentaje de eliminación de As del agua (Fase In situ) Kit de As.

Código de la Muestra	Fecha de muestreo	Día de la muestra	As Conc. (mg/L) +/- 30%	L.M.P (mg/L)	PORCENTAJE de Eliminación %
A-01	11/12/2021	1	0.28	01	N.A.
A-02	11/12/2021	1	0.18	0.1	36
A-03	11/12/2021	1	0.15	0.1	46

A-01	18/12/2021	7	0.34	0.1	N.A.
A-02	18/12/2021	7	0.15	0.1	56
A-03	18/12/2021	7	0.15	0.1	56
A-01	25/12/2021	14	0.3	0.1	N.A.
A-02	25/12/2021	14	0.17	0.1	43
A-03	25/12/2021	14	0.13	0.1	24
A-01	08/01/2022	28	0.18	0.1	N.A.
A-02	08/01/2022	28	0.15	0.1	17
A-03	08/01/2022	28	0.15	0.1	17
A-01	15/01/2022	35	0.19	0.1	N.A.
A-02	15/01/2022	35	0.17	0.1	11
A-03	15/01/2022	35	0.14	0.1	26
A-01	22/01/2022	42	0.35	0.1	N.A.
A-02	22/01/2022	42	0.22	0.1	37
A-03	22/01/2022	42	0.17	0.1	51

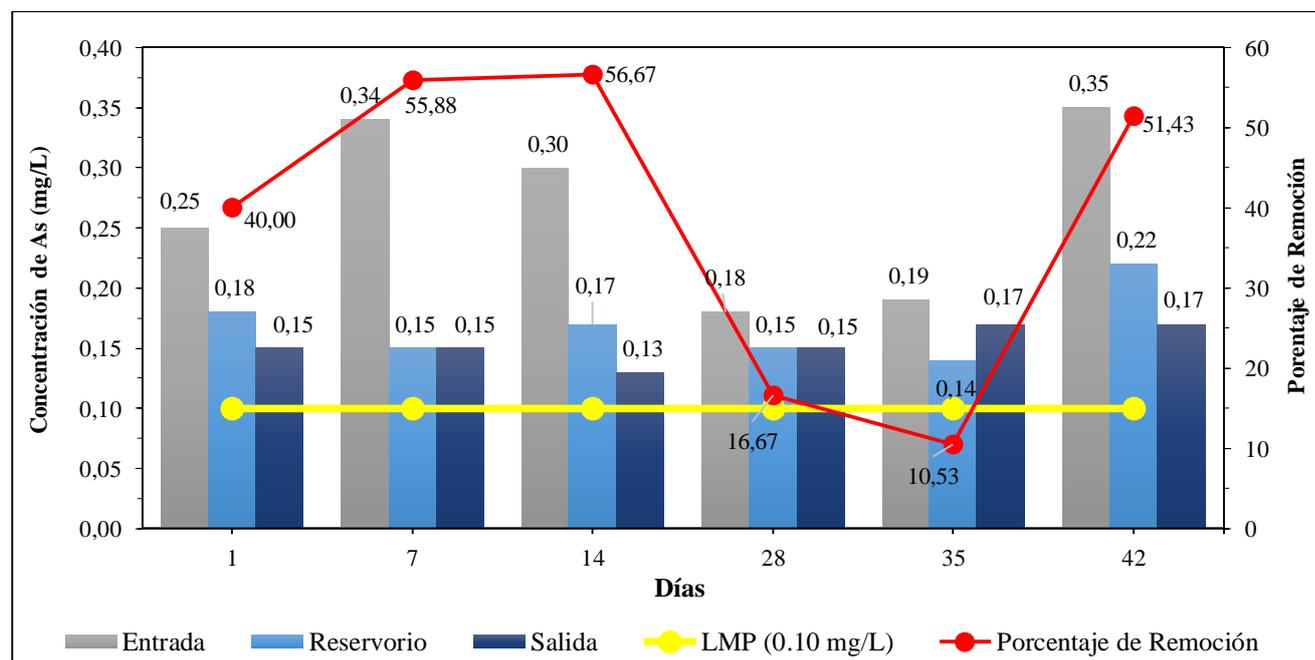
Elaborado por: Autores

En la figura 12 se puede observar una disminución y aumento progresivo de la concentración de Arsénico total, tal y como se muestra en la línea de tendencia, así determinando que el sistema IFAV va a generar los resultados esperados en un lapso mayor de tiempo. Además, el porcentaje de remoción de arsénico por parte del kit fue del 35 %, acotando a esto su porcentaje se debe tener en cuenta que, debido al grado de error del kit que es de +/- 30% lo cual es considerablemente alto, solo se podría tomar como una referencia sus resultados, desde luego para obtener una veracidad del porcentaje de remoción de As deberían enviarse las muestras aun laboratorio acreditado.

Se tomaron un total de 18 muestras de agua, de las cuales 6 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 con IFAV (entrada) con un valor de 0.25 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.18 mg/L de As y (salida) con un valor de 0.15 mg/L de As, así obteniendo un 40% de remoción. En el muestreo 2 (día 7) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.34 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.15 mg/L y una concentración final (salida) de

0.15 mg/L de As obteniendo un 55.88% de remoción. En el muestreo 3 (día 14) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.30 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.17 mg/L y una concentración final (salida) de 0.13 mg/L de As obteniendo un 56.67% de remoción. En el muestreo 4 (día 28) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.18 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.15 mg/L y una concentración final (salida) de 0.15 mg/L de As obteniendo un 17% de remoción. En el muestreo 5 (día 35) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.19 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.14 mg/L y una concentración final (salida) de 0.17 mg/L de As obteniendo un 10.53% de remoción. En el muestreo 6 (día 42) se determinó el valor promedio inicial con IFA (entrada) con un valor de 0.35 mg/L de As, (reservorio) con un valor de 0.22 mg/L y una concentración final (salida) de 0.17 mg/L de As obteniendo un 51.43% de remoción. La efectividad de la especie pasto Vetiver en la remoción de arsénico tuvo una efectividad del 35 % tomando en cuenta que se instaló el 16% del total del área esto se representa en la figura 12.

Figura 14. Porcentaje de remoción de arsénico en el agua (Fase In situ) Kit As.



Nota: Durante los 42 días de estudio mediante el kit de de pruebas rápidas se logró evidenciar una variación constante en cuanto a la remoción de As del agua.

11.1.5. Determinación de la retención de arsénico en la especie pasto vetiver

11.1.5.1. Análisis de los resultados de las muestras de las especies

En el área de estudio y evaluación el sistema de Islas Flotantes Artificiales, se realizó el cronograma de toma de muestras de las especies vegetativas: *Pasto Vetiver (Chrysopogon zizanioides)*; las cuales fueron tomadas al inicio y al final del proyecto de investigación. Las muestras fueron llevadas al laboratorio de Investigación de la Universidad de las Américas (UDLA), donde se realizó el análisis de las mismas con la técnica ICP-OES (Plasma Inductivo Acoplado).

11.1.5.2. Análisis estadístico mediante la prueba Chi cuadrado

11.1.5.2.1. Prueba Chi Cuadrado para raíz

En la tabla 13 se puede observar los resultados obtenidos durante el periodo de estudio, durante 46 días, para el primer monitoreo se obtuvo una presencia máxima de As en la raíz de 41.79 mg/Kg, ubicada en el grupo norte (Ag-01) de muestreo, la concentración de menor cantidad se presentó en el grupo sur (Ag-03) con valor de 20.65 mg/Kg y en el grupo del centro (Ag-02) se registró una concentración de 36.06 mg/Kg. Para el segundo monitoreo realizado a los 46 días, se registró una concentración máxima de 87.83 mg/Kg en el grupo Ag-03, en el grupo Ag-01 se registró una concentración de 38.3 mg/Kg siendo esta la más baja del periodo de muestreo.

Tabla 13. Resultados de muestreo realizados en el laboratorio

Variable	Individuos	Muestra	Día 1	Día 46
			As (mg/Kg)	As (mg/Kg)
Raíz	4	Ag-01	41.79	38.3
Raíz	4	Ag-02	36.06	41.63
Raíz	4	Ag-03	20.65	87.83
		Total	98.5	167.76
		Media	32.83	55.92
		Mediana	36.06	41.63

En la tabla 14 se observa los valores obtenidos mediante la prueba chi cuadrado, en donde se consideró un grado de significancia del 0.05 y se calculó un grado de libertad de 2, con dichos valores se obtuvo un X^2 crítico de 5.99 y se con los resultados del laboratorio se obtuvo el valor de 25.89 para el X^2 calculado o estadístico.

Tabla 14. Aplicación de la prueba Chi Cuadrado

Resultados	
Significancia	0.05
libertad	2
x2 Crítico	5.99
x2 Calculado	25.89

11.1.5.2.2. Prueba Chi Cuadrado para tallo

En la tabla 15 se puede observar los resultados obtenidos durante el periodo de estudio, durante 46 días, para el primer monitoreo se obtuvo una presencia máxima de As en tallo de 3 mg/Kg, ubicada en el grupo norte (Ag-01) de muestreo, la concentración de menor cantidad se presentó en el grupo sur (Ag-03) con valor de 2.40 mg/Kg y en el grupo del centro (Ag-02) se registró una concentración de 2.75 mg/Kg. Para el segundo monitoreo realizado a los 46 días, se registró una concentración máxima de 9.35 mg/Kg en el grupo Ag-01, en el grupo Ag-02 se registró una concentración de 3.49 mg/Kg siendo esta la más baja del periodo de muestreo.

Tabla 15. Resultados de muestreo realizados en el laboratorio

Variable	Individuos	Muestra	Día 1	Día 46
			As (mg/Kg)	As (mg/Kg)
Tallo	4	Ag-01	3.00	9.35
Tallo	4	Ag-02	2.75	3.49
Tallo	4	Ag-03	2.40	7.1
		Total	8.15	19.94
		Media	2.72	6.65
		Mediana	2.75	7.1

En la tabla 14 se observa los valores obtenidos mediante la prueba chi cuadrado, en donde se consideró un grado de significancia del 0.05 y un se calculó un grado de libertad de 2, con dichos valores se obtuvo un X² crítico de 5.99 y se con los resultados del laboratorio se obtuvo el valor de 0.9 para el X² calculado o estadístico.

Tabla 16. Aplicación de la prueba Chi cuadrado

Resultados	
Significancia	0.05
libertad	2
x2 Crítico	5.99
x2 Calculado	0.9

11.1.5.2.3. Prueba Chi cuadrado para Brotes

En la tabla 17 se puede observar los resultados obtenidos durante el periodo de estudio, durante 46 días, para el primer monitoreo se obtuvo una presencia máxima de As en los brotes de 2.12 mg/Kg, ubicada en el grupo norte (Ag-01) de muestreo, la concentración de menor cantidad se presentó en el grupo centro (Ag-02) con valor de 0.70 mg/Kg y en el grupo del sur (Ag-03) se registró una concentración de 2.07 mg/Kg. Para el segundo monitoreo realizado a los 46 días, se registró una concentración máxima de 4.05 mg/Kg en el grupo Ag-01, en el grupo Ag-02 se registró una concentración de 1.21 mg/Kg siendo esta la más baja del periodo de muestreo.

Tabla 17. Resultados de muestreo realizados en el laboratorio

Variable	Individuos	Muestra	Día 1	Día 46
			As (mg/Kg)	As (mg/Kg)
Brotes	4	Ag-01	2.12	4.05
Brotes	4	Ag-02	0.70	1.21
Brotes	4	Ag-03	2.07	11.7
		Total	4.89	16.96
		Media	1.63	5.65
		Mediana	2.07	4.05

En la tabla 18 se observan los valores obtenidos mediante la prueba chi cuadrado, en donde se consideró un grado de significancia del 0.05 y se calculó un grado de libertad de 2, con dichos valores se obtuvo un X² crítico de 5.99 y se con los resultados del laboratorio, para brotes se obtuvo el valor de 1.16 para el X² calculado o estadístico.

Tabla 18. Aplicación de la prueba Chi cuadrado

Resultados	
Significancia	0.05
libertad	2
x2 Crítico	5.99
x2 Calculado	1.16

11.1.6. Determinación del orden en la distribución de los diferentes órganos vegetativos de arsénico en las especies vegetativas.

11.1.6.1. Análisis de los resultados de retención y bioconcentración total de As en la morfología de la especie pasto Vetiver

El análisis de las muestras indicó que en la especie Pasto Vetiver se encontró la presencia de arsénico en las IFAV, en todo su sistema morfológico que en este caso englobó (raíz, tallo y brotes). El primer muestreo se realizó el día (1) con la toma de 4 muestras compuestas de diferentes islas en relación a las IFAV 3 muestras incorporadas en el mes de agosto y 1 muestra de las incorporadas en el mes de marzo, cada muestra tiene 3 muestras simples que corresponden a la morfología de la especie pasto vetiver (raíz, tallo y brotes) dando un total de 12 muestras, El segundo muestreo se realizó el día (46) de la misma manera, con la toma de 4 muestras compuestas de diferentes islas en relación a las IFAV, 3 muestras incorporadas en el mes de agosto y 1 muestra de las incorporadas en el mes de marzo, cada muestra tiene 3 muestras simples que corresponden a la morfología de la especie pasto vetiver. Estos valores se los muestra en la Tabla 16.

Tabla 19. Resultado del muestreo de la especie pasto vetiver.

Código	Órgano	Día	As (mg/kg)	Agua (mg/L)	Factor Translocación (mg/kg)	Clasificación	Factor Bio- concentración	Clasificación
Ag-01	Raíz	1	41.79	0.32	N. A	N. A	129.15	hiperacumuladora
Ag-01	Tallo	1	3.00	0.43	0.07	Excluyente	97.19	acumuladora
Ag-01	Brotes	1	2.12	0.88	0.05	Excluyente	47.49	acumuladora
Ag-02	Raíz	1	36.06	0.32	N. A	N. A	111.42	hiperacumuladora
Ag-02	Tallo	1	2.75	0.43	0.08	Excluyente	83.85	acumuladora
Ag-02	Brotes	1	0.70	0.88	0.25	Excluyente	40.97	acumuladora
Ag-03	Raíz	1	20.65	0.32	N. A	N. A	63.81	acumuladora
Ag-03	Tallo	1	2.40	0.43	0.12	Excluyente	48.02	acumuladora
Ag-03	Brotes	1	2.07	0.88	0.10	Excluyente	23.47	acumuladora
Ma-01	Raíz	1	221.26	0.32	N. A	N. A	683.74	hiperacumuladora
Ma-02	Tallo	1	25.40	0.43	0.11	Excluyente	514.56	hiperacumuladora
Ma-03	Brotes	1	6.74	0.88	0.03	Excluyente	251.43	hiperacumuladora
Ag-01	Raíz	46	38.30	0.32	N. A	N. A	118.36	hiperacumuladora
Ag-01	Tallo	46	9.35	0.43	0.24	Excluyente	89.07	acumuladora
Ag-01	Brotes	46	4.05	0.88	0.11	Excluyente	43.52	acumuladora
Ag-02	Raíz	46	41.63	0.32	N. A	N. A	128.65	acumuladora
Ag-02	Tallo	46	3.49	0.43	0.08	Excluyente	96.81	acumuladora
Ag-02	Brotes	46	1.21	0.88	0.03	Excluyente	47.31	acumuladora
Ag-03	Raíz	46	87.83	0.32	N. A	N. A	271.42	hiperacumuladora
Ag-03	Tallo	46	7.10	0.43	0.08	Excluyente	204.26	hiperacumuladora
Ag-03	Brotes	46	11.70	0.88	0.13	Excluyente	99.81	acumuladora
Ma-01	Raíz	46	210.80	0.32	N. A	N. A	651.42	hiperacumuladora
Ma-02	Tallo	46	27.49	0.43	0.13	Excluyente	490.23	hiperacumuladora
Ma-03	Brotes	46	24.94	0.88	2.72	hiperacumuladora	239.55	hiperacumuladora

Elaborado por: Autores

La retención de As por parte de la especie Pasto Vetiver se llevó a cabo en un periodo de 46 días, donde se evidenció el incremento de la presencia de estos contaminantes. La presencia media del As en la planta considerando las partes muestreadas la cantidad máxima absorbida por la raíz fue de 221.26 mg/kg, en tallo fue de 27.49 mg/kg y en brotes es de 24.94 mg/kg. Mientras que el factor de translocación tenemos un total de 0.27 mg/kg, y por otro lado el factor de bioconcentración posee un valor medio total de 190.65 mg/kg; así mismo con estos valores obtenidos podemos clasificar y dar una característica especial a cada una de las partes estudiadas, estableciendo que la especie vetiver son excluyente en el factor de translocación y acumuladoras para el factor de bioconcentración. Mostrando así que la parte de la planta vetiver que más absorbe el contaminante de As y depura el agua es la raíz, ya que se encuentra en la primera línea de contacto con los contaminantes presentes en el agua. Este órgano es el encargado de absorber los contaminantes y translocados, de ser necesario, a las demás estructuras de la planta y tomando en cuenta que se instaló las IFAV en un 16% del total del área.

11.2. Disposición Final del sistema

Las 217 matrices flotantes pertenecen a la comunidad Toacaso y todos los que conforma la junta de referente al proyecto de riego del canal central de la parroquia Toacaso, con el propósito de seguir mejorando la calidad del agua que reciben los usuarios del proyecto, estas IFAV deberán ser readecuadas debido a que en algunos años sus componentes de plástico tendrán a desintegrarse y formar micro plásticos que sería un contaminante más por el cual se vería afectado los suelos de regadío, por ese motivo tendrán que ser reemplazadas en un futuro cuando su vida útil llegue a su desgaste progresivo del sistema de las IFAV.

Con relación a la especie vegetal y su material al momento de alcanzar su tope en absorción de metaloides debe ponerse a disposición de autoridades que tengan desempeños en gestión ambiental para su mayor control y adecuado, y así no provocar una combinación cruzada al momento de disponer de ella en un compost dando efectos negativos al suelo, así mismo contaminando los sectores aledaños y ecosistemas si se dispone una incineración de estos desechos vegetales. Por otro lado, se podría mejorar la economía realizando artesanías con las plantas que han cumplido con su nivel de saturación de metales pesados tras un proceso de secado, depuración y procesado. Dejando parcialmente nula su nivel de contaminación y así poder continuar con su nueva disposición.

12.DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

12.1. Remoción de Arsénico del agua por parte de la especie Pasto Vetiver

Campaña & Moreno, (2020) afirman que la especie vetiver logró acumular “altas concentraciones de metales pesados y la combinación de estos, tal es el caso de arsénico con la capacidad de acumulación en sus raíces”, demostrando así que gran parte del As retirado por parte de la planta se encuentra en la raíz. Esto es, también sustentado con lo que afirma Fonseca et al., (2021) en donde ratifica que las concentraciones de As sobre todo se logran acumular en raíces y se logra notar poca translocación hacia los brotes. Truong & Luu Thai, (2015) asevera que la raíz del vetiver logra retener de entre el 85,1% a un 91.8% de metales pesados.

De acuerdo a la investigación de Singh *et al.*, (2017), en donde, mediante análisis bioquímicos de raíces y brotes han demostrado que las plantas no experimentan toxicidad inducida por As, por lo tanto sugiere como factible el uso del espécimen en proyectos de recuperación o revegetación de tierras.

Hay que tener en consideración la densidad de la planta con respecto al porcentaje de retención de metales pesados, de acuerdo con Masinire *et al.*, (2020) el pasto vetiver es efectivo en sus usos debido a su sistema radicular denso que puede crecer hasta unos 7 m. Esto refiere a la capacidad de adaptación a la que somete, además del cuidado y retención de arsénico que podrá almacenar a lo largo de su vida útil en los cuerpos de agua contaminados mejorando así la calidad de agua para uso agrícola o de riego en la zona de cada proyecto establecido.

12.2. Retención de arsénico por parte de la especie Pasto Vetiver

El sistema de Islas Flotantes Artificiales (IFAV) están consideradas como un tipo de humedal artificial de fitorremediación, es decir, estas son empleadas para la descontaminación de metales pesados presentes en efluentes de agua, según Tipán & Sánchez, (2020) se pueden emplear especies vegetales con características esenciales que puedan emplear un desempeño positivo como son: la especie Achira (*Canna indica*) y Vetiver (*Chrysopogon zizanioides*), Pasto Guinea (*Panicum maximun*) y mixto de (Pasto Guinea – Achira). Para la eliminación de varios contaminantes en especial metales que se encuentran en estos cuerpos de agua y afectan la calidad del agua.

La presente investigación se centró en la capacidad de remoción de arsénico del pasto vetiver, Torres *et. al.*, (2010) afirma que esta especie con el tiempo y varias investigaciones realizadas respecto al tema de fitorremediación, se ha convertido en una especie de gran importancia en el ámbito de fitorremediación, en vista que, esta se puede adaptar a con facilidad a varias condiciones climáticas. Esto lo ratifica Sepúlveda, (2013) en su investigación, en donde detalla también la eficacia de la planta y afirma que es una especie “detoxificante”, y es ideal para lograr remover y tolerar altas concentraciones de metales pesados presentes en los efluentes.

Martínez & López (2018) explican el crecimiento de las plantas en el sistema y las secciona en dos partes, superficial, que es el crecimiento del tallo sobre el nivel del agua y la parte de las raíces, establece que estas crecen hacia el fondo del estanque, para de este modo favorecer a los procesos de fito-depuración.

Campaña & Moreno (2020) en su investigación detallan que el sistema IFA con vetiver resulta eficaz para la remoción de arsénico del agua, certificando así, la mejoría de la calidad del agua. En el caso del reservorio central de Toacaso se consta de una disminución progresiva debido al tiempo que se encuentran inmersas estas IFAV, así como las precipitaciones que han sido un factor principal para los valores de disminución en la concentración de arsénico.

Con relación al volumen en los residuos de la especie Vetiver no consta ningún valor, ya que aún siguen en su vida útil y no han llegado a su máxima saturación de absorción en el reservorio por lo cual demanda de más tiempo; para su disposición final se podría realizar una incineración o disposición acorde al pronunciamiento de un gestor ambiental calificado mientras se cumpla el periodo de tiempo la depuración en este cuerpo de agua podría ser más elevada.

13.IMPACTOS

13.1. Ambiental

El problema por la presencia de arsénico en las aguas provenientes del nevado los Ilinizas, afecta principalmente a las personas dedicadas al sector agrícola y ganadero de la parroquia Toacaso, pues ellos toman directamente esa agua para emplearla en sus actividades, es aquí donde la implementación de las Islas Flotantes implementadas en el reservorio del canal central de la parroquia busca disminuir las concentraciones de As presentes en el agua.

Este sistema de fitorremediación, es una alternativa más viable hablando en términos ambientales, esto debido a que su comparación con otros sistemas, este se lo puede elaborar con materiales económicos y reciclables, de este modo logrando garantizar un mejor manejo de los recursos naturales.

En cuanto a la especie empleada en el sistema (el vetiver), se logra evidenciar que esta se puede adaptar a diferentes climas, cuenta también con una baja demanda de nutrientes para su supervivencia, cuenta con casi nula presencia de plagas y una de sus características principales es que esta no es una especie invasora. De esta forma se puede garantizar un buen desempeño del sistema en el reservorio del canal central, garantizando que cumplirá el propósito con el cual se implementó, para así lograr reducir el 17% en remoción de arsénico en impacto ambiental por contaminación de metales en agua.

13.2. Socioeconómico

Al mejorar la calidad del agua empleada en las actividades agrícolas y ganaderas de la parroquia Toacaso, se mejora también la calidad de vida de las personas que habitan allí, ya que, se podrán consumir y expender productos agrícolas, sin temor a verse afectados por el consumo de alimentos con concentraciones de As, nocivas para la salud humana, así también, se mejorará el comercio de estos productos y de esta forma se logrará mejorar los ingresos de las familias beneficiadas por el canal de riego central de la parroquia Toacaso.

Debido a que, para la elaboración de este sistema se pueden emplear materiales reciclados, su costo de elaboración se ve reflejado en sumamente bajo que bordean los 35 \$, es de fácil instalación y los costes de operación y mantenimiento son relativamente bajos que van acorde a unos 30 \$.

14.PRESUPUESTO

Tabla 20. Presupuesto del proyecto de investigación

RECURSOS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
Humanos	3	Personas	20	320,00
	1	Libreta de Campo	1,25	1,25
	2	Esferos	0,60	1,20
Oficina	1	Resma A4	3,50	3,50
	2	Cinta de etiquetado	1,00	2,00
	1	Tijeras	0,75	0,75
	2	Cajas de Guantes de Látex	10,00	20,00
	4	Paquete de fundas Zip-Zap	2,50	10,00
	1	Balanza digital gramera	10,00	10,00
Toma de Muestras	12 frascos de 100ml	Frascos de muestras	0,25	3,00
	3 botellas	Agua Destilada	1,50	4,50
	1	Conductímetro	35,00	35,00
	1	pH metro	40,00	40,00
	1	Mango para bisturí	3,00	3,00
	1	Boya tipo Balza	14,00	14,00
	1	Hielera contenedora	7,25	7,25
	9	Muestras de agua Arsénico	15,00	135,00
	10	Kits de arsénico	25,00	250,00
	24 (raíces, tallo, brotes)	Muestras de Plantas	15,00	360,00
Laboratorio	2	Muestras de Sedimentos Arsénico	15,00	30,00
	20	Transporte en General	20,00	400,00
	20	Alimentación	5,00	100,00
SUB-TOTAL				1750,45
Gastos imprevistos 10%				175,05
TOTAL				1925,5

Elaborado por: Autores

15.CONCLUSIONES

- El análisis del sistema de islas artificiales, tras el comportamiento de su evaluación en un periodo de estudio que corresponde a 90 días, presentó los siguientes porcentajes de remoción: tanto en la fase de laboratorio que dio una remoción de arsénico 17% y en la fase *in situ* con la utilización de los kits fue de 35 %, así evidenciamos que la instalación de este sistema de IFAV es un acierto tanto en su eficiencia en la remoción de arsénico del agua del reservorio central de Toacaso.
- La evaluación de IFAV ha logrado determinar que la especie vetiver es indispensable en el proceso de fitorremediación en aguas para regadío, la cantidad máxima absorbida por la raíz fue de 87.83 mg/kg, en tallo fue de 9.35 mg/kg y en brotes es de 11.7 mg/kg. De acuerdo a la prueba chi cuadrado se constató que existe diferencia significativa en el porcentaje de remoción de As entre el día 1 al día 46. Por otro lado, los factores estudiados tanto como translocación arrojaron un valor de 0.27 mg/Kg y en factor de bioconcentración con un valor de 190.65 mg/Kg ambos resultados nos ayudaron a concluir estableciendo que la especie vetiver son excluyente en el factor de translocación y acumuladoras para el factor de bioconcentración. Así su desempeño en relación a metales pesados en agua, llegando a ser una de las mayores candidatas para los proyectos de depuración en cuerpos de agua.
- Teniendo en cuenta la extensa zona que tiene el reservorio central de Toacaso con relación al área que ocupa el sistema de islas flotantes que es el 16% de su área total se ha logrado comprobar que el sistema IFA con especie Vetiver, resulta una alternativa viable como método de fitorremediación para aguas de regadío con sistema de aspersión contaminadas con arsénico, logrando remover entre un 17% y 35% de As del contaminante en el agua.

16.RECOMENDACIONES

- En el sistema de las islas flotantes para poder tener una mayor remoción de arsénico es recomendable cambiar la especie en sí, ya que llega su tiempo de saturación y no podrá absorber en un futuro de manera eficaz los metales pesados encontrados en el agua.
- Es necesario ubicar unos espantapájaros en zonas estratégicas del reservorio ya que las bandadas de estos se introducen en las islas y provocan una excavación la cual interrumpe el proceso de remoción de arsénico ya que la planta es sacada de su sitio específico y llevada a la superficie donde podría morir.
- Se recomienda utilizar los cálculos de estimación de carga debido a que todos los componentes naturales tiene un límite biofísico, lo cual nos ayudará estimar un nivel máximo de individuos que puede ocupar un cuerpo de agua así evitando su degradación, en este caso el reservorio central de Toacaso
- Debido al extenso terreno del reservorio, para lograr obtener mejores resultados en cuanto a la descontaminación del agua contaminada con arsénico, se recomienda cubrir al menos el 25% del área total del estanque, para de este modo maximizar el porcentaje de remoción del sistema.
- En base a su construcción es preciso que en un tiempo ya avanzado se cambie la estructura de las islas ya que es de plástico en su mayoría y podría ocurrir en la disolución de los mismo en el agua así contaminando de manera directa con micro plásticos de igual importancia esto será perjudicial a largo plazo en el desempeño de los suelos que poseen los usuarios de este reservorio para su siembra o ganado lechero.

17. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuerdo Ministerial N°097-A, (2015). Incentivos Ambientales

https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

Álvarez, M. (2020). *Diseño de una planta de tratamiento de agua para el consumo humano de la parroquia Pedro Pablo Gómez del cantón jipijapa*. Universidad Estatal del sur de Manabí.

<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2413/1/13.%20MENDOZA%20G%20C3%93MEZ%20CRISTHIAN%20RONALD.pdf>

Anaya, M., Pérez, A., López, N., Miranda, M., López, R., & Fuentes, M. (2020). *Aprovechamiento de las aguas atmosféricas como fuentes alternas*.

<http://www.captaciondelluvia.org/wp-content/uploads/2021/03/Aprovechamiento-de-las-aguas-atmosf%C3%A9ricas-como-fuentes-alternas.pdf>

Armari. (2014). *Islas flotantes vegetales Aquane*.

https://www.aquanea.com/armari/aquanea:aquanea/2/islas_flotantes_vegetadas_aquanea_2014.pdf

Batres, C, & Barahona, M. (2017). *Comparación de tres métodos de infiltración para calcular el balance hídrico del suelo, en la Cuenca del río Suquiapa, El Salvador*. Cuadernos de investigación UNED.

Bolívar, S. (2020). Determinación de la hiperacumulación de metales pesados cd, pb y as en la planta nativa.

<http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/2536/SOLIS%20CATA%20STEFFANY%20SUSAN.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Caicedo, C. (2017). *Estudio sobre los efectos locales del cambio climático y fenómenos meteorológicos en la provincia de Cotopaxi* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/4288>
- Calle, R., Mayorga, J., Asimaya, M., (2021). Eficiencias en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/443>
- Campaña, E., y Moreno, E. (2020). *Evaluación del sistema islas flotantes artificiales (ifa) en el tratamiento de aguas contaminadas por arsénico en la captación del proyecto de riego chilla grande* [Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6775>
- Caparrós, A. (2018). *PRÁCTICA 2: HIDROGEOGRAFÍA BALANCE HÍDRICO*. https://titulaciongeografia-sevilla.es/contenidos/profesores/materiales/archivos/2018-10-29BH_Fundamentos_Teoricos.pdf
- Casemiro, M. (2015). *Arsenico Ciclo Biogeoquimico*. StuDocu. <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-cordoba-colombia/gestion-ambiental/arsenico-ciclo-biogeoquimico/7342676>
- Cerón, L., Sarria, J., Torres, J., Soto, J. (2021). Agua subterránea: Tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 32(1), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000100047>
- Chen, A., Ng, Y., Zhang, E., Tian, M., (2020). Anthropogenic Pollution https://doi.org/10.1007/978-981-13-2538-0_68
- FACSA. (2017, enero 23). *Metales pesados*. FACSA. <https://www.facsa.com/metales-pesados/>
- Fernández, A. (2012). *El agua: Un recurso esencial*. 25. <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

- Fernando, R., Oyonarte, N., García, J., Yruela, C., Milla, M., Ávila, C., y Gavilan, P., (2018). Riego por aspersión
https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160240Riego_por_aspersixn.pdf
- Fonseca, K., Ruiz, J., Sarmiento, E., Pallasco, E., y Chicaiza, E. (2021). Phytoremediation of arsenic-contaminated waters by artificial floating island: Literature review. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 38, 199–215.
[https://doi.org/10.47280/RevFacAgron\(LUZ\).v38.n1.10](https://doi.org/10.47280/RevFacAgron(LUZ).v38.n1.10)
- Franco, L., Muñoz, P., y Garcia, F. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Gómez, D., (2018). Contaminación del agua en países de bajos y medianos recursos, un problema de salud pública.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0120-00112018000100007&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Gómez, R., (2019). Contaminantes naturales del agua, una amenaza silenciosa
https://www.wearewater.org/es/contaminantes-naturales-del-agua-una-amenaza-silente_320991
- Gonzalez, R. (s/f). *Agua de Lluvia: Consumo, Captación, Características y Propiedades*. Recuperado el 2 de febrero de 2022, de <https://www.ecologiahoy.com/agua-de-lluvia>
https://www.marc.org/Environment/WaterResources/pdfs/brochures/sediment_espanol.aspx

Gutiérrez, A., & Mercy, I., (2019). “Islas Flotantes Artificiales Con Achira (*Canna Indica*) Y Pasto Guinea (*Panicum Maximum*), Como Alternativa Para La Remoción De Nitratos, Fosfatos Y Cromo De Agua Procedente Del Río Cutuchi.”

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6181/6/PC-000630.pdf>

Green, (2022). Kit para análisis de Arsénico (As³⁺ / 5⁺)

<https://www.greenviewcorporation.com/kit-para-analisis-de-arsenico-as3-5/>

Herrera, 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/bitstream/27000/5266/6/PC-000628.pdf>

Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático, (ICC). (2017). *Manual de Medición de Caudales*. 24. <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>

Londoño F., Londoño M., y Muñoz G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)

Manzanillas, J., & Avalos, A., (2017). “evaluación del factor de bioconcentración por metales pesados en la *Eichhorniacrassipes* presentes en la laguna valle hermoso”

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7908/1/236T0307.pdf>

Manzur, A., & Cardoso, J. (2015). Velocidad de evaporación del agua. *Revista mexicana de física E*, 61(1), 31-34. Recuperado en 10 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S187035422015000100007&lng=es&tlng=es

Marc. (2014). *¿Qué es la contaminación por sedimentos?* Recuperado en 1 de enero del 2022, de

- Martínez, L., y López, C. (2018). Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá. *Gestión y Ambiente*, 21(1), 110–120. <https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.69209>
- Martínez, Y. (2015). *Tuberías de PVC-O para el transporte de agua potable*. 3. https://www.tecnoaqua.es/descargar_documento/procesos-sistemas-molecor-tuberias-pvco-transporte-agua-potable-tecnoaqua-es.pdf
- Masinire F., Adenuga D., Tichapondwa S., y Chirwa E. (2020). Remediation of Chromium(vi) Containing Wastewater Using Chrysopogon Zizanioides (vetiver Grass). *Chemical Engineering Transactions*, 79, 385–390. <https://doi.org/10.3303/CET2079065>
- Méndez, D. (2015). *Foro Economía Ecuador*. <http://foroeconomiaecuador.com/fee/los-booms-petroleros-cambios-40/>
- Montoya, E., Montañez E., Escareño, M., y Balagurusamy, N. (2015). Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. *Terra Latinoamericana*, 33(2), 103-118. Recuperado en 10 de marzo de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103&lng=es&tlng=es.
- Moyano, A. (2009). *El arsénico de las aguas de riego llega a los cultivos | Ciencia | elmundo.es*. <https://www.elmundo.es/elmundo/2009/05/12/ciencia/1242122040.html>
- Negrete, J., Varela, J., Heras, E., Alcívar, M., Rosero, P., (2019). Estrategias implementadas para la recuperación del estero palanqueado, ramal interior de la reserva de producción de fauna manglares el salado <https://www.researchgate.net/profile/PatriciaRosero/publication/350290703.pdf>

- Oggero, A., et al., (2021). Eficiencia de la absorción de cobre (Cu) y cromo (Cr), una propuesta de fitorremediación de efluentes mediada por *Typha domingensis*.
<http://scielo.iics.una.py/pdf/rscp/v26n2/2617-4731-rscp-26-02-100.pdf>
- Ordoñez, J. (2011). *Ciclo hidrológico*. Recuperado en 19 de enero de 2022, de
https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/ciclo_hidrologico.pdf
- Peña, L., & Candela, C., (2018). Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuáticas en el Jardín Botánico de Bogotá
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6687501>.
- Quevedo, F. (2011). La prueba de ji-cuadrado. *Medwave*, 11(12).
<https://doi.org/10.5867/medwave.2011.12.5266>
- Quijia, O. (2020). *RESEVORIO TOACAZO* [Map].
- Rodríguez, D., Cumana, A., Torrealba, O., y Posada, D., (2010). Uso del vetiver para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263120587005>
- Rossel, B. (2014). *Universidad Nacional del Nordeste Instituto de Medicina Regional*.
<https://slideplayer.es/slide/97396/>
- Sanz, V., & Martines, M., (2015). Ecotoxicología del arsénico: movilización en suelos y aguas, relevancia clínica y métodos de eliminación.
<http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/FERNÁNDEZ%20SANZ,%20EATRIZ.pdf>
- Saviolo, A., Rodrigues, J., Ferreira, C., Peixoto, A., Canello, S., Sacioto, A., Menezes, F., y Janson, C., (2021). Artificial floating islands as a tool for the water quality improvement of fishponds

https://www.academia.edu/68574431/Artificial_floating_islands_as_a_tool_for_the_water_quality_improvement_of_fishponds

Sepúlveda, N. (2013). *Desarrollo de un protocolo para la rizo filtración de efluentes contaminados con mercurio mediante la aplicación de filtros vegetales con la especie vetiver (Vetiveria zizanioides)*.

https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1581/402_Sepulveda_Asprilla_Niza_In%20C3%A9s.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Shu, W., Ye, Z., Lan, C., Zhang, Z., y Wong, M. (2002). Lead, zinc and copper accumulation and tolerance in populations of *Paspalum distichum* and *Cynodon dactylon*. *Environmental Pollution*, 120(2), 445–453. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00110-0](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00110-0)

Singh, S., Sounderajan, S., Kumar, K., y Fulzele, D. (2017). Investigation of arsenic accumulation and biochemical response of in vitro developed *Vetiveria zizanioides* plants. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 145, 50–56. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.07.013>

Teneneta, B., y Zavala, V. (2020). *Determinación de cadmio y plomo en la pulpa de tamarindo*. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/51235/1/BCIEQ-T-0591%20Teneta%20S%20c3%a1enz%20Bryan%20Aaron%3b%20Zavala%20Vaca%20V%20c3%adctor%20Hugo.pdf>

Tipán, J., y 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>

- Torres, D., Cumana, A., Torrealba, O., y Posada, D. (2010). Uso del vetiver para la fitorremediación de cromo en lodos residuales de una tenería. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 1(2), 175–188.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342010000200005&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Truong, P. (s/f). *LA SISTEMA VETIVER PARA PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS Y TIERRAS CONTAMINADAS*. 8.
https://www.vetiver.org/LAICV2F/0%20Plenary/P3Truong_TS.pdf
- Úbeda, J., y Delgado D. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 889–896.
<https://doi.org/10.5377/ribcc.v4i7.6299>
- Viteri, M., & Tapia, M., (2018). Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al ser vicio <http://www.revistaespacios.com/a18v39n32/18393230.html>
- Zarza, L. (2021). *¿Qué son las aguas superficiales?* [Text]. iAgua; iAgua.
<https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-superficiales>

18.ANEXOS

Anexo 1. Zona De Estudio

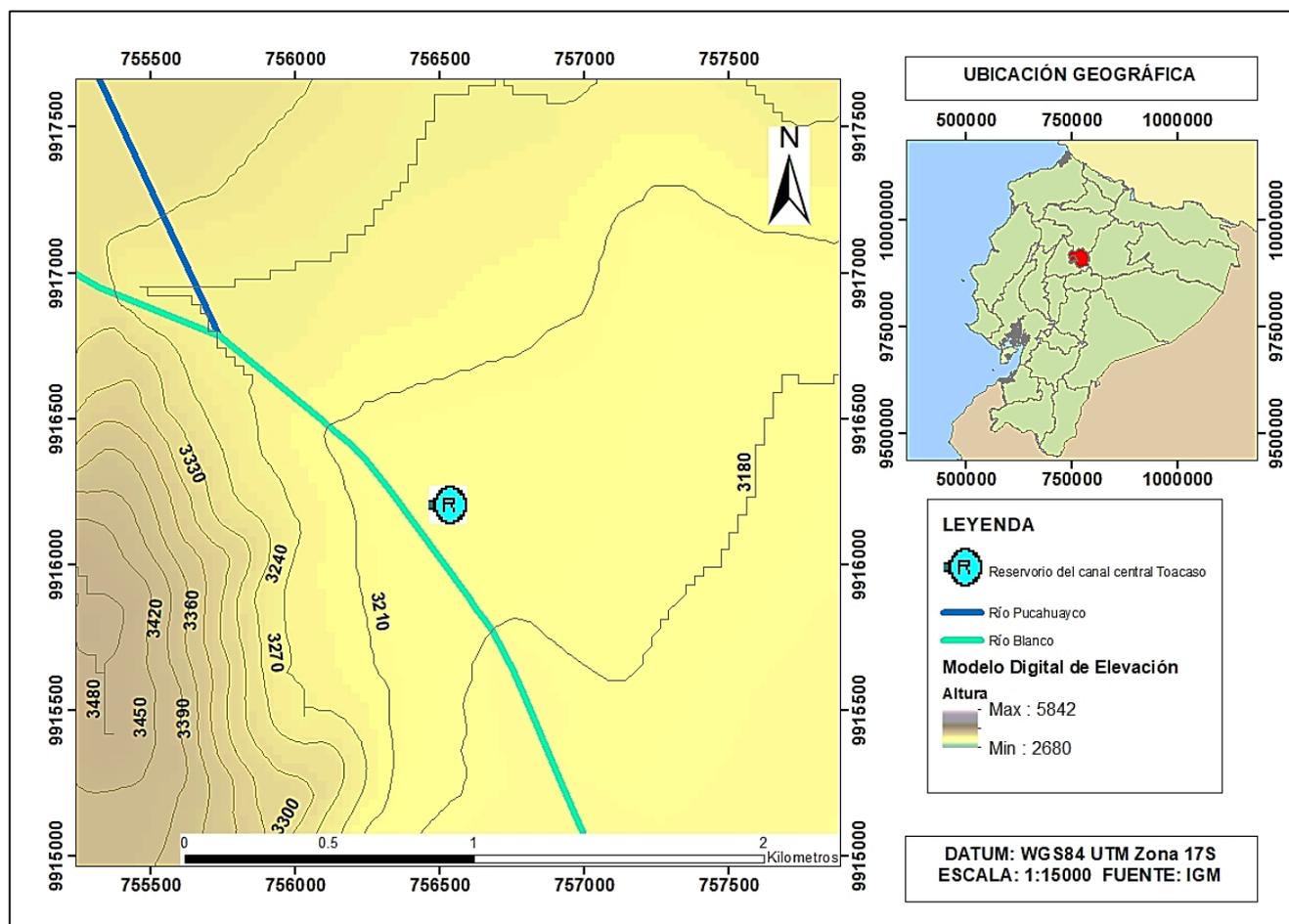


Ilustración 1. Mapa de ubicación geográfica.

Anexo 2. Adaptación de especie vetiver

Ilustración 2. Limpieza, agrupación y organización



Ilustración 3. Vetiver en el vivero.



Ilustración 4. Vetiver en la isla.**Ilustración 5.** IFAV en el Agua.**Anexo 3.** Elaboración y traslado de la matriz Flotante al reservorio.**Ilustración 6.** Matrices flotantes.**Ilustración 7.** Descarga de islas**Anexo 4.** Preparación del sustrato a base de fibra de coco.**Ilustración 8.** Agregación de sustrato**Ilustración 9.** Plantación de la especie en las IFAV.

Anexo 5. Exposición de Proyecto.**Ilustración 10.** Conversatorio con la junta de agua Toacaso**Ilustración 11.** Exposición de CESA a la junta de

agua Toacaso

Anexo 6. Identificación del reservorio**Ilustración 12.** Recorrido por el reservorio**Ilustración 13.** Identificación del área de las Islas.

Anexo 7. Toma de muestras Agua (Fase Laboratorio).**Ilustración 16.** Toma de muestra Entrada del reservorio.**Ilustración 17.** Toma de muestra en el centro del reservorio.**Ilustración 18.** Toma de muestra en la salida Primer beneficiario.**Ilustración 19.** Estabilización de las muestras.

Ilustración 20. Envasado y etiquetado de las muestras.

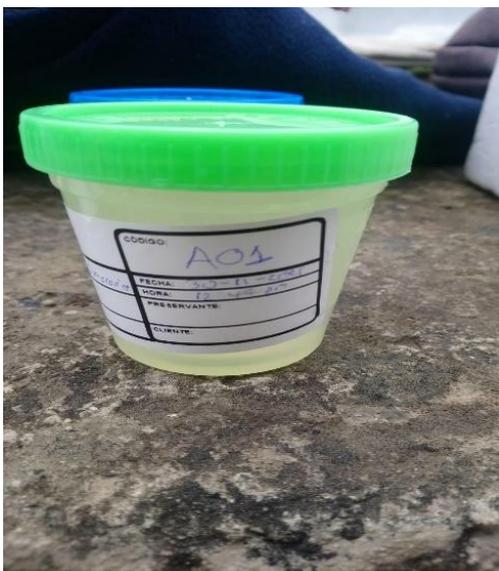


Ilustración 21. Coordinación con Don Julio Aguatero de la junta de agua de Toacaso.



Anexo 8. Toma de muestras Agua (Fase In situ KIT).

Ilustración 22. Componentes del Kit.



Ilustración 23. Capacitación para la utilización correcta del kit.



Ilustración 24. Toma de muestra en la entrada del reservorio.



Ilustración 25. Toma de muestra del centro del reservorio.



Ilustración 26. Toma de muestra en salida del primer beneficiario.



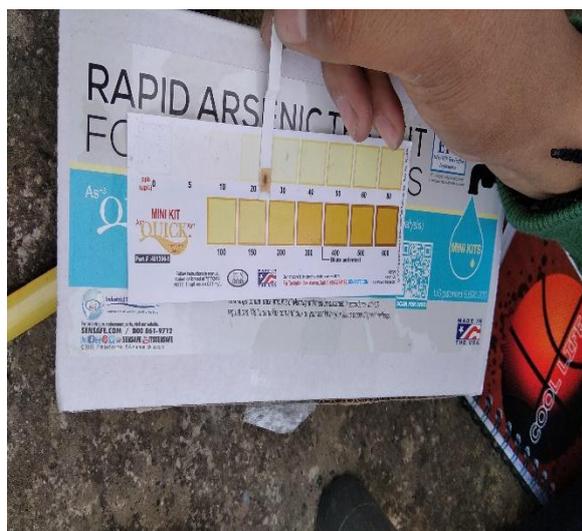
Ilustración 27. Proceso del kit realización.



Ilustración 28. Finalización de los procedimientos del kit.



Ilustración 29. Comparación del resultado con la tira de valores del kit.



Anexo 9. Toma de muestras vegetales (Pasto Vetiver).

Ilustración 30. Toma de medidas de los componentes de la planta.



Ilustración 31. Peso de los componentes de la planta.



Ilustración 32. Corte de la muestra para su separación.



Ilustración 33. Conservación de la muestra y etiquetado.



Ilustración 34. Sistema IFAV en el reservorio.



Anexo 10. Disposición Final de la matriz de la isla y vegetal.**Ilustración 32.** Disposición de la matriz**Ilustración 33.** Disposición de la especie vegetal.

Anexo 11. Resultados de las concentraciones de As en el Laboratorio ALS.



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

PROTOCOLO: 407563/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 1 de 2

NOMBRE DEL CLIENTE: CAMAL CENTRAL TOACASO
DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: INGENIERA MARCIA CHANCUSIG
NOMBRE DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE AGUA
DIRECCIÓN DEL PROYECTO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: JULIO 30 DEL 2021 / 14:30 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0017155 / N° ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO: NO APLICA
LUGAR DE ANÁLISIS: ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES
FECHA DE ANÁLISIS: JULIO 30 AL 18 DE AGOSTO DEL 2021
FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 18 DE AGOSTO DEL 2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ		AGUA DE RIEGO				
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
44192-2	Agua	Captación Pucahuayco	30/07/2021	9:24	755412 9916893	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Los datos relacionados al Proyecto e Información de la Muestra a excepción del Código de Laboratorio fueron proporcionados por el cliente.

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los ensayos marcados con () no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.*

SM - Standard Methods.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas, las mismas que fueron entregadas al laboratorio bajo condiciones propias del cliente. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A.; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A..

Si la firma electrónica del Responsable Técnico y el sello de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



Firmado digitalmente por
JESSICA LISETH
TUQUERES LEON
Fecha: 2021.08.18
11:37:00 -05'00'





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

PROCOLO: 407563/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	44192-2	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Agua			
ARSÉNICO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	0,330	± 0,020 mg/l	0,1	NO CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

⁽²⁾ Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".



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

PROTOCOLO: 407595/2021-1.0	RU-49
	Revisión: 13
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Página 1 de 2

NOMBRE DEL CLIENTE: CESA
 DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: INGENIERA MARCIA CHANCUSIG
 NOMBRE DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE AGUA
 DIRECCIÓN DEL PROYECTO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
 MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
 PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: JULIO 30 DEL 2021 / 14:30 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0017156 / N° ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO: NO APLICA
 LUGAR DE ANÁLISIS: ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES
 FECHA DE ANÁLISIS: JULIO 30 AL 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 17 DE AGOSTO DEL 2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA DE RIEGO					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
44192-9	Agua	Captación Río Blanco	30/07/2021	9:43	755838 9916656	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Los datos relacionados al Proyecto e Información de la Muestra a excepción del Código de Laboratorio fueron proporcionados por el cliente.

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas, las mismas que fueron entregadas al laboratorio bajo condiciones propias del cliente. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A.; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A..

Sin la firma electrónica del Responsable Técnico y el sello de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



Firmado digitalmente por
JESSICA LISETH
TUQUERES LEON
Fecha: 2021.08.17
17:52:44 -05'00'



Acreditación N° SAE LEN 05-005
LABORATORIO DE ENSAYOS



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

PROTOCOLO: 407595/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	44192-9	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Agua			
ARSÉNICO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	0,297	± 0,027 mg/l	0,1	NO CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

⁽²⁾ Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".



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

PROCOLO: 407587/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 1 de 2

NOMBRE DEL CLIENTE: CESA
 DIRIGIDO EN ATENCIÓN A: INGENIERA MARCIA CHANCUSIG
 NOMBRE DEL PROYECTO: ANÁLISIS DE AGUA
 DIRECCIÓN DEL PROYECTO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
 MUESTREO REALIZADO POR: EL CLIENTE
 PROCEDIMIENTO MUESTREO: NO REPORTADO POR EL CLIENTE
 FECHA Y HORA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: JULIO 30 DEL 2021 / 14:30 / N° CADENA DE CUSTODIA: 0017155 / N° ESPECIFICACIÓN PLAN DE MUESTREO: NO APLICA
 LUGAR DE ANÁLISIS: ALS ECUADOR ALSECU S.A. / QUITO - DE LOS EUCALIPTOS E3-23 Y DE LOS CIPRESSES
 FECHA DE ANÁLISIS: JULIO 30 AL 17 DE AGOSTO DEL 2021
 FECHA DE EMISIÓN DE INFORME: 17 DE AGOSTO DEL 2021

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

MATRIZ	AGUA DE RIEGO					
CÓDIGO DE LABORATORIO	CÓDIGO DE MUESTREO	REFERENCIA	FECHA DE MUESTREO	HORA DE MUESTREO	COORDENADAS UTM WGS 84	OBSERVACIONES
44192-8	Agua	Reservorio	30/07/2021	9:00	756490 9916263	Ninguna Observación

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

Los datos relacionados al Proyecto e Información de la Muestra a excepción del Código de Laboratorio fueron proporcionados por el cliente.

Laboratorio de Ensayo ALS ECUADOR ALSECU S.A. acreditado por el SAE con Acreditación N° SAE LEN 05-005.
 Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del SAE.

SM - Standard Methods.

EPA - Environmental Protection Agency.

Los resultados solo se refieren a las muestras analizadas, las mismas que fueron entregadas al laboratorio bajo condiciones propias del cliente. ALS ECUADOR ALSECU S.A. declina toda responsabilidad por el uso de los resultados aquí presentados.

"Si las condiciones de muestreo fueron controladas según los Procedimientos Correspondientes establecidos por ALS ECUADOR ALSECU S.A.; éstas no inciden en los resultados que se describen en el presente informe".

Este informe no podrá ser reproducido parcialmente, sin la autorización escrita de ALS ECUADOR ALSECU S.A..

Sin la firma electrónica del Responsable Técnico y el sello de ALS ECUADOR ALSECU S.A., este informe no es válido.



Firmado digitalmente por
JESSICA LISETH
TUQUERES LEON
Fecha: 2021.08.17
17:50:54-05'00'





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

PROCOLO: 407587/2021-1.0	RU-49
SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	Revisión: 13
	Página 2 de 2

RESULTADOS OBTENIDOS

PARÁMETROS ANALIZADOS	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	UNIDAD	44192-8	INCERTIDUMBRE (K=2)	⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE	⁽²⁾ CRITERIO DE RESULTADOS
				Agua			
ARSÉNICO	EPA 3005 A, Rev. 01, 1992 EPA 6010 B, December 1996 Standard Methods Ed. 23, 2017, 3120 B	PA - 117.00	mg/l	0,260	± 0,027 mg/l	0,1	NO CUMPLE

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES

La información (1), (2) que se indican a continuación, están FUERA del alcance de acreditación del SAE.

⁽¹⁾ Acuerdo Ministerial N° 097-A, TULSMA, Libro VI, Anexo 1, Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua. Tabla 3: Criterios de calidad de aguas para riego agrícola.

⁽²⁾ Criterio de Resultados, según EU-24 "Regla de Decisión de Conformidad de Resultados".

Anexo 12. Resultados de las concentraciones de As en el Laboratorio CICAM.

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/Kg	264,3

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

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.

Observación:
 El resultado de arsénico se reporta en base seca.

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

Firmado electrónicamente por:
**GRETA CAROLA
 FIERRO NARANJO**

Aprobado por: MSc. Carola Fierro
COORDINADORA DE LABORATORIO

Página 1 de 1

Versión 00
 Vigencia: 2021-07-23



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y CONTROL AMBIENTAL

Campus Politécnico "José Rubén Orellana Ricaurte" • Calle Ladrón de Guevara E 11-253, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 diciembre de 2021

No.IRS-21-574

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-12-01
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-21-170
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 574
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 10 de diciembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-11-30
Rotulación de la muestra: A01
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Toacaso
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nº de envases: 1
Preservante: Ácido Nítrico (HNO3)

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,3236

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

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



Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 diciembre de 2021

No.IRS-21-575

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-12-01
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-21-170
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 575
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 10 de diciembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: - **Tipo de envase:** Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido Nítrico (HNO3)
Fecha de muestreo: 2021-11-30
Rotulación de la muestra: A02
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: Toacaso
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,3027

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

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

Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
 RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 diciembre de 2021

No.IRS-21-576

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
 Nombre del Representante Legal: -
 RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-12-01
 No. Oferta de Servicio: OF21-325
 No. Solicitud de trabajo: ST-21-170
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
 Código de la muestra: MS-21-576
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 10 de diciembre de 2021
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: - **Tipo de envase:** Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido Nítrico (HNO₃)
 Fecha de muestreo: 2021-11-30
 Rotulación de la muestra: A03
 Tipo de muestreo: Puntual
 Tipo de muestra: Agua Natural
 Lugar de muestreo: Toacaso
 Origen de la muestra: -
 Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁶⁾ Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,2447

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

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

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 enero de 2022

No.IRS-22-001

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-03
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-22-001
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-22-001
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 de enero de 2022
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: - **Tipo de envase:** Plástico **Nºde envases:** 1 **Preservante:** Ácido Nítrico (HNO3)
Fecha de muestreo: 2021-12-30
Rotulación de la muestra: A01
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,043

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

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

Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 enero de 2022

No.IRS-22-002

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-03
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-22-001
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-22- 002
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 de enero de 2022
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2021-12-30
Rotulación de la muestra: A02
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nºde envases: 1
Preservante: Ácido Nítrico (HNO3)

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,036

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

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

Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 enero de 2022

No.IRS-22-003

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACANA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-03
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-22-001
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-22-003
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 04 de enero de 2022
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,7°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-12-30	Plástico	1	Ácido Nítrico (HNO3)
Rotulación de la muestra:	A03			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Agua Natural			
Lugar de muestreo:	-			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,032

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

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



Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 diciembre de 2021

No.IRS-21-573

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2021-12-01
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-21-170
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-21- 573
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 10 de diciembre de 2021
Temperatura de ingreso al laboratorio: 5,0°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto:	-	Tipo de envase:	Nº de envases:	Preservante:
Fecha de muestreo:	2021-11-30	Plástico	1	Ácido Nítrico (HNO3)
Rotulación de la muestra:	S01			
Tipo de muestreo:	Puntual			
Tipo de muestra:	Sedimento			
Lugar de muestreo:	Toacaso			
Origen de la muestra:	-			
Responsable de muestreo:	Cliente			

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/Kg	1929

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

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

 Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

 Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
 RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 2022

No.IRS-22-053

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
 Nombre del Representante Legal: -
 RUC: -
 Dirección: -
 Teléfono convencional: -
 Teléfono celular: -
 Correo electrónico: esteban.aimacana9418@ute.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-28
 No. Oferta de Servicio: OF21-325
 No. Solicitud de trabajo: ST-22-015
 Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
 Código de la muestra: MS-22- 053
 Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
 Fecha de análisis: 07 de febrero de 2022
 Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: - **Tipo de envase:** Plástico **Nº de envases:** 1 **Preservante:** Ácido Nítrico (HNO3)
 Fecha de muestreo: 2022-01-27
 Rotulación de la muestra: A01
 Tipo de muestreo: Puntual
 Tipo de muestra: Agua Natural
 Lugar de muestreo: -
 Origen de la muestra: Toacaso
 Responsable de muestreo: Cliente

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(C) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,0880

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

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



Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO



Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 2022

No.IRS-22-054

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-28
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-22-015
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-22- 054
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 de febrero de 2022
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2022-01-27
Rotulación de la muestra: A02
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: -
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nºde envases: 1
Preservante: Ácido Nítrico (HNO3)

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
^(c) Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,0739

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

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

 Firmado electrónicamente por:
JAIRO ENRIQUE
JIMPIKIT
CHUINTIAM

Revisado por: Jairo Jimpikit
RESPONSABLE TÉCNICO

 Firmado electrónicamente por:
GRETA CAROLA
FIERRO NARANJO

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, Edificio Nro. 11
RUC: 1760005620001 Tel.: (+593-2) 2976300 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 2022

No.IRS-22-055

DATOS DEL CLIENTE:

Nombre del Cliente: ESTEBAN EDUARDO AIMACAÑA GUALPA
Nombre del Representante Legal: -
RUC: -
Dirección: -
Teléfono convencional: -
Teléfono celular: -
Correo electrónico: esteban.aimacana9418@utc.edu.ec

DATOS DEL LABORATORIO:

Fecha de recepción: 2022-01-28
No. Oferta de Servicio: OF21-325
No. Solicitud de trabajo: ST-22-015
Tipo de servicio: Servicio de ensayo para evaluación de la calidad
Código de la muestra: MS-22- 055
Lugar de análisis: CICAM - Quito - Ladrón de Guevara E11-253
Fecha de análisis: 07 de febrero de 2022
Temperatura de ingreso al laboratorio: 6,4°C

DATOS DE LA MUESTRA SUMINISTRADOS POR: CLIENTE

Nombre del Proyecto: -
Fecha de muestreo: 2022-01-27
Rotulación de la muestra: A03
Tipo de muestreo: Puntual
Tipo de muestra: Agua Natural
Lugar de muestreo: -
Origen de la muestra: Toacaso
Responsable de muestreo: Cliente

Tipo de envase: Plástico
Nºde envases: 1
Preservante: Ácido Nítrico (HNO3)

PARÁMETRO	MÉTODO DE REFERENCIA/ MÉTODO INTERNO	UNIDAD	RESULTADO
⁽⁶⁾ Arsénico	PE-V-62 EPA7010 /Absorción atómica	mg/L	0,0804

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

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

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

Anexo 13. Resultados de las retenciones de arsénico en la especie pasto vetiver en el Laboratorio de la UDLA.

		 INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		RESULTADOS ANÁLISIS DE METALES POR ICP	
Nombre del Solicitante:			Esteban Aimacaña		
Condiciones de muestra:			Las muestras fueron liofilizadas y molidas antes de la extracción.		
Preparación de muestra:			Se tomó 0,5g de muestra molida y se añadió 10 ml de HNO ₃ al 67% libre de metales. Se digirió durante 30 minutos. Se filtro y se aforó a 50 ml con agua Tipo I.		
Técnica utilizada:			ICP-OES (Plasma Inductivo Acoplado)		
Responsable del análisis:			Adrián Proaño		
			RESULTADOS METALES ppm (mg/Kg)		
<i>MUESTRA</i>	<i>PESO</i>	<i>DILUCIÓN</i>	<i>As</i>		
Ag01 Raiz	0.5147 g	50 ml	41.7920		
Ag01 Tallo	0.5061 g	50 ml	3.0040		
Ag01 Hojas	0.5082 g	50 ml	2.1240		
Ma01 Raiz	0.5293 g	50 ml	221.2590		
Ma01 Tallo	0.5105 g	50 ml	25.4010		
Ma01 Hojas	0.5325 g	50 ml	6.7420		
Ag02 Raiz	0.5166 g	50 ml	36.0550		
Ag02 Tallo	0.5218 g	50 ml	2.7530		
Ag02 Hojas	0.5070 g	50 ml	0.7000		
Ag03 Raiz	0.5239 g	50 ml	20.6500		
Ag03 Tallo	0.5096 g	50 ml	2.4920		
Ag03 Hojas	0.5323 g	50 ml	2.0670		

		 INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN		RESULTADOS ANÁLISIS DE METALES POR ICP	
Nombre del Solicitante:			CESA		
Condiciones de muestra:			Las muestras fueron liofilizadas y molidas antes de la extracción.		
Preparación de muestra:			Se tomó 0.5 ± 0.05 g de muestra molida y se añadió 10 ml de HNO ₃ al 67% libre de metales. Se digirió durante 30 minutos. Se filtro y se aforó a 50 ml con agua Tipo I.		
Técnica utilizada:			ICP-OES (Plasma Inductivo Acoplado)		
Responsable del análisis:			Adrián Proaño		
			RESULTADOS METALES ppm (mg/Kg)		
<i>MUESTRA</i>	<i>PESO</i>	<i>DILUCIÓN</i>	<i>As</i>		
Ag01 Raiz	0.5107 g	50 ml	38.3090		
Ag01 Tallo	0.5290 g	50 ml	9.3550		
Ag01 Hojas	0.5239 g	50 ml	4.0500		
Ag02 Raiz	0.5224 g	50 ml	41.6320		
Ag02 Tallo	0.5214 g	50 ml	3.4930		
Ag02 Hojas	0.5312 g	50 ml	1.2170		
Ag03 Raiz	0.5346 g	50 ml	87.8370		
Ag03 Tallo	0.5253 g	50 ml	7.1030		
Ag03 Hojas	0.5296 g	50 ml	11.7010		
Ma01 Raiz	0.5178 g	50 ml	210.8060		
Ma01 Tallo	0.5228 g	50 ml	27.4990		
Ma01 Hojas	0.5176 g	50 ml	24.9420		

