

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP) EN GESTIÓN AMBIENTAL COHORTE 2021

TEMA: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA - ÍNDICE DE ARSÉNICO EN LA QUEBRADA RASUYACU EN LA PARROQUIA TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA.

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magister en
Gestión Ambiental Mención Planificación Ambiental

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.

Autora: Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta

Director: Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo PhD

Ambato- Ecuador

2022

A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: Ingeniera Esthela Elizabeth Salazar Proaño. PhD, Ingeniero Jorge Olmedo Chóez Pin. Mg. designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA - ÍNDICE DE ARSÉNICO EN LA QUEBRADA RASUYACU EN LA PARROQUIA TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA”, elaborado y presentado por la señorita Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta, para optar por el Grado Académico de Magíster en Gestión Ambiental; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Esthela Elizabeth Salazar Proaño. PhD.
Miembro del Tribunal

Ing. Jorge Olmedo Chóez Pin. Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA - ÍNDICE DE ARSÉNICO EN LA QUEBRADA RASUYACU EN LA PARROQUIA TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA.”, le corresponde exclusivamente a: la Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta, Autora bajo la Dirección del Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo. PhD, Director del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta

c.c.:0503492084

AUTORA

Ingeniero Víctor Hugo González Jaramillo. PhD.

c.c.:1103652713

DIRECTOR

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta
c.c.:0503492084

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

Portada	i
A la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
INDICE GENERAL DE CONTENIDOS	v
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
RESUMEN EJECUTIVO	xii
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS	5
CAPITULO II	7
ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS	7
2.1. Cuenca hidrográfica	7
2.2 Rio	8
2.3. Agua	9
2.4 Contaminación de arsénico en el agua	10
2.5 Relación del arsénico (As) y otros metales	12
2.6 Ecosistemas acuáticos	12
2.7. Calidad del Agua	13
2.8 Calidad del agua para consumo humano	14
2.9. Calidad del agua para riego agrícola	15
2.10. Principales Factores que influyen en la calidad de las aguas	15

2.11. Contaminación del agua	16
2.12. Fuentes de contaminación	17
2.13. Contaminantes del agua	17
2.14. Fitorremediación	19
2.15. Efectos en la salud humana	19
CAPITULO III	21
MARCO METODOLÓGICO	21
3.1. Ubicación	21
3.2 Equipos y materiales	34
3.3. Tipo de investigación	35
3.4. Prueba de hipótesis – pregunta científica- idea a defender -.....	37
3.5. Población o muestra	38
3.6. Recolección de información.....	38
3.7. Procesamiento de la información y análisis.....	41
3.8. Variables respuesta o resultados alcanzados	44
CAPITULO IV	46
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
4.1. Concepción del diagnóstico	46
CAPITULO V	77
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	77
5.1. Conclusiones	77
5.2. Recomendaciones	78
5.3. Bibliografía	81
5.4. Anexos	87

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	30
Población económicamente activa	30
Tabla 2	31
Cobertura de riego.....	31
Tabla 3	34
Materiales e instrumentos	34
Tabla 4	39
Coordenadas de intervención en el proyecto	39
Tabla 5	41
Requerimientos para la toma de muestras de agua	41
Tabla 6	43
Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce	43
Tabla 7	44
Variables independiente y dependiente.....	44
Tabla 8	47
Resultado de los muestreos de agua.....	47
Tabla 9	49
Resultado de los muestreos de agua.....	49
Tabla 10	65
Materiales y elaboración del sustrato.....	65
Tabla 11	70
Tablas de niveles de enriquecimiento para índice EF	70
Tabla 12	71
Tabla de niveles de contaminación para índice CF	71

Tabla 1373
Tabla de niveles de contaminación para índice Igeo73

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	22
Ubicación de la parroquia Toacaso cantón Latacunga	22
Figura 2	23
Ubicación del área de Estudió.....	23
Figura 3	24
Clima y temperatura de Toacaso.....	24
Figura 4	50
Índice de arsénico en las muestras tomadas en la Quebrada Rasuyacu de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.	50

AGRADECIMIENTO

A mi virgen de Guadalupe por conducirme en este camino, acompañándome en todos los momentos de mi vida bendiciéndome y protegiéndome dándome la fuerza y la inteligencia para no declinar en los momentos difíciles que he atravesado con mi familia. Gracias Madre mía de Guadalupe también quiero agradecer a mi familia y a mi angelito en el cielo a mi papito David Orozco padre mío que dejó un vacío muy grande en mi corazón, pero siempre, cuidando guiándome y protegiéndome en todo este reto personal y profesional.

A la Universidad Técnica de Ambato por haberme brindado la oportunidad de tener acceso de todo el invaluable conocimiento que se imparte a través de sus maestros.

Agradezco de manera muy especial a mi Director de tesis Víctor Hugo González Jaramillo (PhD.) por haberme guiado de manera acertada en cada etapa de mi trabajo y también por impartirme cada uno de sus conocimientos.

DEDICATORIA

Este trabajo quiero dedicar a mi padre que está ahora en el cielo David Orozco papito gracias por hacerme el ser humano y la profesional que soy el día de hoy gracias a Ud. Estoy y me encuentro en el lugar donde siempre quiso como mujer como ser humano y como profesional gracias por ser mi padre y ejemplo para mí, enseñándome a llegar muy lejos y no decaer en el intento gracias por todo mi guerrerito en el cielo le amo con todo mi corazón.

A mi madre a mis hermanos mi pequeña familia que siempre me apoya y está junto a mí cuidándome motivándome a llegar siempre muy lejos, les amo gracias por acompañarme en todos los momentos importantes de mi vida y estar ahí incondicionalmente.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP)
EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

TEMA:

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA - ÍNDICE DE ARSÉNICO EN LA QUEBRADA RASUYACU EN LA PARROQUIA TOACASO DEL CANTÓN LATACUNGA.

MODALIDAD DE TITULACIÓN: Proyecto de Titulación con Componente de Investigación Aplicada.

AUTORA: *Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta*

DIRECTOR: *Ing. Víctor Hugo González Jaramillo PhD.*

FECHA: *Veinte y cinco de mayo de dos mil veinte y dos*

RESUMEN EJECUTIVO

Esta investigación constituye un análisis de la problemática del arsénico en el agua de consumo agrícola en la parroquia Toacaso la cual se encuentra ubicada en el cantón Latacunga. El objetivo de este estudio es determinar la presencia de arsénico total en muestras de aguas superficiales utilizada para consumo en suelos agrícolas en la parroquia Toacaso. Se realizó la evaluación de riesgos a la salud humana para estimar el riesgo probable que es causado por la exposición al arsénico por la vía oral y la evaluación de la calidad ambiental de los suelos. El arsénico está presente de forma natural en niveles altos en las aguas subterráneas de varios países. El arsénico es muy tóxico en su forma inorgánica. Su mayor amenaza para la salud pública reside en la utilización de agua contaminada para beber, preparar alimentos y regar cultivos alimentarios.

Se describe la presencia del arsénico en el suelo y en las fuentes de agua en Toacaso debido a factores naturales de origen geológico asociado a los afluentes del Páramo de los Ilinizas. La evaluación de los análisis de laboratorio y sus porcentajes de arsénico y hierro es pertinente e indispensable la implementación de un sistema Islas flotantes (IFA) con la

especie Vetiver nos ayudara a perfeccionar la calidad del agua de los reservorios con dificultades de contaminación por metales pesados ya señalados en distintos sistemas de riego que circundan la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

Para llevar a cabo la evaluación de la contaminación del suelo y el riesgo ecológico, será factible e imprescindible utilizar índices como el factor de enriquecimiento (FE), el factor de contaminación (CF) y el índice de Geoacumulación (Igeo), los resultados del estudio o los puntos intervenidos en la parroquia Toacaso indican niveles de enriquecimiento de (As) bajos a moderados y contaminación moderada a considerable. Si bien el nivel de enriquecimiento en los sedimentos del Páramo Ilinizas es severo debido a las descargas y afluentes del mismo.

DESCRIPTORES: ARSÉNICO, AGUA, CONTAMINACIÓN, CONSUMO, CALIDAD, FUENTE, PÁRAMO RIESGO, SALUD, SUELOS.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP)
EN GESTIÓN AMBIENTAL
COHORTE 2021

THEME:

EVALUATION OF WATER QUALITY - ARSENIC INDEX IN THE RASUYACU QUEBRA IN THE TOACASO PARISH OF THE LATACUNGA CANTON.

DEGREE MODALITY: Degree Project with Applied Research Component

AUTHOR: *Ingeniera Rita Paulina Orozco Toapanta*

DIRECTOR BY: *Ing. Víctor Hugo González Jaramillo PhD.*

DATE: *May twenty-fifth, two thousand and twenty-two*

EXECUTIVE SUMMARY

This research constitutes an analysis of the problem of arsenic in the water for agricultural consumption in the Toacaso parish, which is located in the Latacunga canton. The objective of this study is to determine the presence of total arsenic in surface water samples used for consumption in agricultural soils in the Toacaso parish. The evaluation of risks to human health was carried out to estimate the probable risk that is caused by exposure to arsenic through the oral route and the evaluation of the environmental quality of the soils. Arsenic is naturally present at high levels in the groundwater of several countries. Arsenic is highly toxic in its inorganic form. Their greatest threat to public health lies in the use of contaminated water for drinking, preparing food and irrigating food crops.

The presence of arsenic in the soil and in the water sources in Toacaso due to natural factors of geological origin associated with the tributaries of the Páramo de los Ilinizas is described. The evaluation of laboratory analyzes and their percentages of arsenic and iron is pertinent and essential, the implementation of a floating islands system (IFA) with the Vetiver species will help us to improve the quality of the water of the reservoirs with

difficulties of contamination by heavy metals. already indicated in different irrigation systems that surround the Toacaso parish of the Latacunga canton.

To carry out the evaluation of soil contamination and ecological risk, it will be feasible and essential to use indices such as the enrichment factor (FE), the contamination factor (CF) and the Geoaccumulation index (Igeo), the results of the study or the points intervened in the Toacaso parish indicate low to moderate levels of enrichment of (As) and moderate to considerable contamination. Although the level of enrichment in the sediments of the Páramo Ilinizas is severe due to its discharges and tributaries.

KEYWORDS: ARSENIC, WATER, POLLUTION, CONSUMPTION, QUALITY, SOURCE, PÁRAMO RISK, HEALTH, SOILS.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El agua es una sustancia común en la tierra indispensable para el sustento y el origen de vida, por lo que en la actualidad es el recurso más contaminado lo cual ha ocasionado preocupación mundial puesto que, no se puede garantizar el bienestar de los seres vivos, sin agua de calidad y en buen estado (Bochardt y Walton, 2017).

El manejo y control del agua, problema asociado a la contaminación ambiental requiere de la utilización de métodos y técnicas avanzadas capaces de dar una respuesta rápida y eficaz sobre el estado de dicho recurso, su potencialidad y tendencias en el tiempo de la aptitud de uso, que permitan tomar medidas para preservar su calidad y evitar su deterioro (Sorlini y Collivignarell, 2017).

La contaminación del agua altera su calidad y su estructura natural a causa de la aneji3n de microorganismos, aceites, sedimentos vertidos, industriales , fertilizantes, pesticidas y por otro lado, tambi3n es originada por fuentes naturales como la presencia de metales pesados elementos naturales de la corteza terrestre como: productos de la meteorizaci3n, tratamiento de rocas o por exposiciones volc3nicas como es el caso del

arsénico (As) catalogado a nivel global como un problema relevante debido a su toxicidad y afectaciones en la salud humana. (Bochardt y Walton, 2017)

Entre los elementos que una parte fundamental en el medio ambiente, el recurso hídrico es esencial para toda forma de vida es el resultado vulnerable y estratégico, pues sostiene el desarrollo y nuestro medio ambiente. Este recurso es vulnerable a sufrir impactos actualmente desarrollados por los fenómenos de cambios climáticos contaminación desertificación deforestación y sequias derivadas de prácticas inadecuadas que inciden en el ciclo hidrológico requiriendo una mejor administración para propiciar su uso racional alcanzable solo con una adecuada gestión (Ramirez, 2016).

En la presente investigación se encuentra detallado cada uno de los procedimientos realizados como la investigación o búsqueda de temas relacionados a los índices del arsénico en el agua a su vez se señala el problema presente en el sector la justificación la factibilidad de la propuesta y su funcionalidad el cumplimiento de las normas de calidad para cada uno de los procedimientos (Ramirez, 2016).

El agua es un recurso que actualmente resulta vulnerable a impactos influenciados por prácticas inadecuadas ocasionando así problemas de uso tanto para consumo humano y agrícola. Al respecto ha surgido la necesidad de evaluar los cuerpos de agua, aspecto que tiene diferente interpretación entre los encargados de la toma de decisiones y los expertos en el tema desarrollándose diferentes criterios para evaluar la calidad del agua, lo que ha motivado la necesidad de implementar un indicador que agrupe parámetros

dentro de un marco de referencia unificado a manera de indicador ambiental (Ringallinella, 2016).

Para el avance del presente tema se realizarán trabajos basados en la búsqueda de información bibliográfica a través de publicaciones o informes de análisis de agua problemas fundamentales en el uso del agua o las afectaciones que han generado la presencia de cuerpos extraños en el agua de agrícola (Bochardt y Walton, 2017).

Como punto importante de nuestra investigación será el empleo de índices de calidad del agua ajustadas a las condiciones de disponibilidad de información por los administradores del recurso hídrico implantando variaciones a las formas tradicionales de evaluación minimizando así los inconvenientes subjetivos, derivando en una herramienta útil de valoración (Ramirez, 2016).

La presente investigación está basada en un análisis del arsénico en el agua de las vertientes provenientes del páramo de los Illinizas y a su vez de diversas muestras de los sistemas de riego del sector y a su vez de acuerdo al análisis de los mismos establecer una estrategia para la remoción de arsénico en las aguas del sector de uso agrícola.

1.2 JUSTIFICACIÓN

El Arsénico es un componente tóxico, difícil de convertir en productos soluble en agua o volátil, el mismo que puede ser encontrado de forma natural en la tierra en pequeñas

cantidades que inquieta su presencia en el agua de consumo humano y de riego. Su habilidad mayor es en ambientes naturales ya sea por rocas volcánicas, depósitos minerales hidrotermales o aguas geotermales, que agrupados hacen que la contaminación del agua sea un problema global e intensivo para la salud y el medio ambiente.

Los recursos naturales forman parte importante de nuestro medio ambiente y a su vez son la fuente de aprovechamiento a partir de la cual, las poblaciones satisfacen sus necesidades vitales. La población utiliza los elementos del ambiente y recurren a ellos transformando en recursos que en una base productiva y de desarrollo. Es importante señalar que el sector afectado cuenta aproximadamente por 5000 usuarios (Braun, 1983).

En Ecuador se han realizado estudios a lo largo de varios ríos y acuíferos que muestran la presencia de arsénico en sus aguas, suelos y sedimentos de origen volcánico, presentando una contaminación natural de este metaloide. Según un estudio en la Laguna de Papallacta las aguas geotérmicas de las provincias del Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua, mostraron niveles de 0.113 a 0.844 mg As/l, sobrepasando los límites máximos permisibles 0.01 mg/ l, estipulados por el Instituto Ecuatoriano de Normalización. (Cumbal y Bundschuc, 2016)

Por parte del Gobierno Provincial de Cotopaxi, la Escuela Politécnica Nacional y la Secretaría Nacional del Agua, se han realizado estudios en los cuales se revelaron datos que señalan la presencia de arsénico (As) con concentraciones mayores a 0.1 mg/l principalmente en las vertientes de la Reserva Ecológica Los Ilinizas la misma que se

encuentra definida como una zona volcánica que provee el recurso hídrico para consumo humano y riego en el sector el mismo que cuenta con 20.000 habitantes aproximadamente de la parroquia de Toacaso y comunidades del Cantón Saquisilí, estudios que han arrojado resultados excediendo el límite máximo permisible como lo define en la Tabla 3.- Criterios de calidad de aguas para riego agrícola según el Acuerdo Ministerial 097 - A (2015) lo cual ha preocupado a la población que consume este recurso. Es importante señalar que el proyecto es factible y de acuerdo a las condiciones climáticas y el presupuesto adecuado es funcional (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. GENERAL

Evaluar el índice de arsénico en la calidad del agua en la Quebrada Rasuyacu en la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

1.3.2 ESPECÍFICOS

- Analizar la presencia y concentración de arsénico en las aguas superficiales de consumo agrícola en la Quebrada Rasuyacu en la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.
- Establecer una estrategia para la remoción de arsénico en la Quebrada Rasuyacu en la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

- Analizar la presencia de elementos mayores y traza presentes en el suelo y agua y analizar su geoquímica.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

La presente investigación se lo realizó por el índice alto de arsénico en el agua presente en la Quebrada Rasuyacu de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga se tomó varias muestras de agua en distintos puntos de agua natural de la vertiente del páramo de los Illinizas y a su vez se tomó varios puntos en los sistemas de riego de la zona los mismos que fueron analizados en un laboratorio y de acuerdo a los resultados se vio la necesidad de establecer o determinar una estrategia de remoción de arsénico factible y funcional para el problema presentado en el sector.

2.1. Cuenca hidrográfica

Las cuencas hidrográficas son territorios definidos naturalmente donde todos los procesos socio ecológico están íntimamente ligados entre sí. En ellas el manejo se entiende como un proceso de planeación, implementación y evaluación de acciones mediante la participación organizada e informada de la población (Bochardt y Walton, 2017).

La posibilidad de realizar un manejo de cuenca se inicia cuando nos reconocemos como habitantes de ella y por tanto como beneficiarios de sus servicios eco sistémicos que se originan con las funciones propias de esta desde los parte aguas o zonas más altas hasta los puntos de salida o zonas de emisión, como el mar o un largo al mismo tiempo que nos

visualicemos como generadores de impactos que se expresan en forma acumulativa en las partes bajas (Bochart y Walton, 2017).

En las cuencas hidrográficas se concentran todos los escurrimientos arroyos y ríos que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca , que puede ser un lago formando una cuenca denominada endorreica o el mar llamada exorreica (Sorlini y Collivignarell, 2017).

En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico suelo ecosistemas acuáticos y terrestres cultivos agua biodiversidad estructura geomorfológica y geológica los modos de apropiación tecnología y/o mercados y las instituciones organización social, cultura, reglas y/o leyes (Ringallinella, 2016).

2.2 Rio

Los ríos, son sistemas loticos o sistemas fluviales, se definen como corrientes de agua continua y más o menos caudaloso que va a desembocar en otra corriente, en un lago o en el mar. Esta definición reúne una amplia gama de sistemas muy diversos. Desde pequeños arroyos temporales a grandes y caudalosos ríos y bajo condiciones muy diversas de clima, geología, topografía, vegetación e impactos humanos (Bochart y Walton, 2017).

2.3. Agua

Es un componente formado por moléculas covalentes, en las cuales un átomo de oxígeno (O) comparte dos electrones con dos átomos de hidrógeno (H). Es un líquido organizado y sus moléculas tienen una configuración definida. La asociación de moléculas unidas por puentes de hidrógeno formando agua líquida, hielo o vapor hace que el agua sea muy versátil (Ramirez, 2016).

El agua es un elemento indispensable de vida en el planeta, que utilizan rangos de cantidad y calidad en función de sus formas metabólicas. Particularmente para el hombre el agua, constituye un elemento vital para su subsistencia, no solo en el orden fisiológico de la vida constituyendo el 65% del cuerpo humano y para lo que cada individuo consume diariamente entre 2.5 y 3 litros sino en el soporte de gran parte de sus actividades económicas sociales estando presente en diferentes magnitudes a lo largo del desarrollo histórico de la sociedad (Ortiz, Matinez, y Rosa, 2016).

Para el análisis de los principales componentes del ciclo hidrológico y su interrelación se elaboran balances hídricos, estableciendo de los datos existentes como resultado de las observaciones sistemáticas de su comportamiento y se tiene en cuenta la información referente a la ocurrencia de precipitaciones, evapotranspiración y el escurrimiento superficial y subterráneo (Bochardt y Walton, 2017).

2.4 Contaminación de arsénico en el agua

2.4.1 El Arsénico

El arsénico (As) es un componente químico perteneciente al grupo de los metaloides el cual es muy común en rocas, suelo, hidrosfera y biosfera. La meteorización de rocas, actividades microbiana y humanas que incluyen la minería fundición de pesticidas a base de (As), eliminación de cenizas, la combustión del carbón elaboración de pinturas, semiconductores y baterías de plomo ácido son las primeras fuentes de arsénico en el medio ambiente (Carabantes y Fernicola, 2016).

En la totalidad de los agregados inorgánicos y orgánicos de arsénico son polvos de color blanco que no se evaporan, no tiene olor y la mayoría no tienen sabor especial, por lo cual no se puede saber si están presentes en los alimentos, el agua o el aire (Carabantes y Fernicola, 2016).

2.4.2 Arsénico en el agua

El agua es una de las sustancias líquidas más importantes que a través de la misma el arsénico ingresa en el cuerpo humano. El arsénico (As) puede estar disponible en el agua en estados de oxidación variables que puede convivir en el medio con otros metales como (Fe, Cu, Ni, Zn, entre otros) y minerales de sulfuro u oxido (Galindo , Fernandez, Parada, y Torrente, 2016).

La representación del arsénico en el agua por solución natural de minerales de depósitos geológicos la descarga de los efluentes industriales y la precipitación atmosférica. En las aguas superficiales con alto contenido de oxígeno, la variedad más común es la pentavalente o arsenito (As^{+5}) bajo medios de reducción, habitualmente en los sedimentos de los lagos o aguas subterráneas, prepondera el arsénico trivalente o arsenito. (As^{+3}).

El arsénico ha sido utilizado finalmente, en magnas cantidades y sin ningún tipo de control tanto en la minería como otras actividades industriales, como tóxicos herbicidas, raticidas. El estado en el que se muestra la contaminación es relevante en el caso de explotaciones mineras, donde tienen lugar en procesos de oxidación de sulfuros como la pirita (que estimula la movilización del As) y precipitación de óxidos y oxihidroxidos de Fe, que genera la adhesión del As). El impacto producido de la extracción humana de (As) de suelos y minas para fines antropogénicos da como efecto una rotura del ciclo natural del (As), el mismo que puede darse una nueva agregación al ciclo en grandes cantidades (Garcia, 2015).

La inflamación de combustibles fósiles, subproductos de carbón y petróleo o la disolución de minerales es otra de las fuentes importantes que ocasiona la contaminación por arsénico. Se estima que la declaración de arsénico a la atmósfera en su gran mayoría es generada por fuentes antropogénicas y estas son de 28.060 toneladas al año (Garcia, 2015).

2.5 Relación del arsénico (As) y otros metales

2.5.1 Arsénico (As) y hierro (Fe)

Los hidróxidos y óxidos férricos son adsorbentes de arsénico (As) y otros elementos no obstante el hierro (Fe) se reduce a su estado ferroso, mientras que el As será liberado nuevamente al medio de absorción. Por consiguiente, en medios donde existe la presencia de (Fe) la movilidad del arsénico (As) obedecerá en gran parte de la permanencia de los óxidos de (Fe) (Mondal y Majumder, 2016). Esta resistencia solicita la operación de un propulsor de redes de una fuente esencialmente sedimentario como cuerpo orgánica que consume todas las fuentes aprovechables de oxígeno. Por lo cual se trazó este impulsor redox dominante en acuíferos es la mineralización infecciosa de la vegetación reservada la cual se almacena como concentración o lodo rico en materia orgánica en conductos abandonados.

Los organismos de agua ricos en sulfato ácido arsénico (As) y con variaciones de PH entre 1 y 6 se relacionan con altas agrupaciones de sulfato y a menudo las altas concentraciones de hierro (Fe) lo cual se encuentra sujeta por la presencia de arsénico (As). Es decir estas aguas son agrupadas con el mecanismo de movilización de oxidación de sulfuro (SO).

2.6 Ecosistemas acuáticos

Ecosistema es una unidad ecológica de carácter convencional y disipativo en la cual un grupo de organismos interactúan entre sí y con el ambiente Secretaria del Agua (2016). El mantenimiento de los ecosistemas acuáticos depende de un acuerdo balance entre el agua que entra a través o de la precipitación, la escorrentía, los nacimientos subterráneos.

Los afloramientos superficiales, las infiltraciones en el terreno y los procesos de evapotranspiración. Los ríos, riachuelos, arroyos y quebradas son ecosistemas acuáticos de aguas corrientes o loticas, asociados comúnmente a lugares de erosión transporte y sedimentación de materiales (Ortiz, Matinez, y Rosa, 2016).

2.7. Calidad del Agua

El agua es un sistema de cierta complejidad no homogéneo que puede estar constituido por una fase acuosa, una gaseosa y una o más fases sólidas. En sus orígenes el agua es pura, prácticamente destilada, sin contenido apreciable de sustancias extrañas ni microorganismos, aun cuando le faltan elementos que son requeridos en un agua apta para beber (Bochardt y Walton, 2017).

En los diferentes procesos del ciclo hidrológico en la atmosfera el suelo y las corrientes de aguas superficiales y subterráneas se le incorporan elementos materia orgánica excretas humanas o de animales residuos industriales etc. La calidad del agua no

es un término absoluto es algo que siempre se expresa en relación con su uso o actividad a que está destinada, calidad de beber para el riego etc (Ringallinella, 2016).

La calidad del agua es identificada con su estado natural y la pérdida de calidad vendría medida por la distancia a este estado. La alteración de la calidad natural del agua puede impedir que sea adecuada para un uso determinado. En nuestro país se ha establecido los rangos en base a las necesidades y calidad de las fuentes de agua, pero en el marco de las propuestas por la OMS Organización mundial de la salud (Ramirez, 2016).

2.8 Calidad del agua para consumo humano.

La seguridad del agua de consumo humano se garantizara mediante la aplicación de un PSA (Plan Sanitario del Agua) que incluya el monitoreo del desempeño de las medidas de control mediante indicadores seleccionados de forma adecuada. Además de este monitoreo operacional es preciso realizar una verificación final de la calidad (Ortiz, Matinez, y Rosa, 2016).

La verificación consiste en el uso de métodos procedimientos o pruebas adicionales a los utilizados en el monitoreo operacional para determinar si el desempeño del sistema de abastecimiento de agua de consumo humano cumple los objetivos estipulados en las metas de protección de la salud o si es necesario modificar y volver a validar el Plan Sanitario del agua (Sorlini y Collivignarell, 2017).

2.9. Calidad del agua para riego agrícola

La calidad del agua para el riego ha sido objeto de estudio y preocupación de diferentes autores debido a las consecuencias prácticas negativas que se derivan por el uso de aguas impropias, espacialmente cuando no se toman las medidas de manejo oportunas.

Las aguas empleadas para el riego rara vez presentan efectos negativos inmediatos, sin embargo con el paso del tiempo los iones contenidos en ella puede acumularse en el suelo hasta alcanzar concentraciones capaces de afectar sus características físico químicas y en consecuencia, el desarrollo de los cultivos que crean en él (Bochardt y Walton, 2017).

2.10. Principales Factores que influyen en la calidad de las aguas

Calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas, biológicas y radiológicas del agua. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito (Garcia, 2015)

Se utiliza con mayor frecuencia por referencia a un conjunto de normas contra los cuales puede evaluarse el cumplimiento. Los estándares más utilizados para evaluar la calidad del agua se relacionan con la salud de los ecosistemas (Sorlini y Collivignarell, 2017).

Químicos.- Se mide la concentración de hidrogeno del agua pH para determinar el nivel de iones H⁺ usando un medidor de pH o bandas de prueba espaciales que indican el nivel de acidez o alcalinidad del agua que está siendo investigada. Otros factores químicos que se observan son la dureza, los sólidos disueltos y en suspensión, la alcalinidad, los coloides, minerales, residuos secos, sulfatos, cloruros, nitratos, fluoruros, fosfatos, entre otros minerales (Ringallinella, 2016).

Físicos.- Incluyen el sabor, olor, color, turbidez y conductividad del agua.

Biológicos: Relacionados con la demanda biológica y química de oxígeno, así como con la presencia de carbón orgánico en suspensión.

Bacteriológicos: Se revisa que no tenga bacterias como Escherichia Coli, Streptococos y Clostridios.

2.11. Contaminación del agua

El agua debe estar en cantidad suficiente y de buena calidad para asegurar su inocuidad se considera que el agua está contaminada cuando sus características químicas, físicas, biológicas o su composición se ven alteradas por lo cual pierde su potabilidad para consumo diario o para su utilización en actividades domésticas industriales o agrícolas (Sorlini y Collivignarell, 2017).

Cuando se ha contaminado el agua se puede observar cambios en su color y composición, producto de la cantidad de suciedad que llega a ella (desechos de los

hogares, detergentes, petróleo, pesticidas y desechos nucleares). Estos desechos alteran su sabor, densidad, pureza entre otros. Existen diferentes contaminantes del agua algunas de ellas son las aguas residuales y los residuos provenientes de las industrias (Bochardt y Walton, 2017).

2.12. Fuentes de contaminación

Fuentes puntuales: Son aquellas que son fácilmente identificables, es decir que conociendo el contaminante que se encuentran en el ambiente y la actividad que lo produce, mediante una investigación se puede determinar quién lo originó (Bochardt y Walton, 2017).

Fuentes no puntuales: Son aquellas que difícilmente pueden identificarse y que suelen encontrarse dispersas.

Fuentes fijas: Son aquellas que se mantienen en un mismo lugar en el espacio, como las industrias.

Fuentes móviles: Son aquellas que tienen un cierto desplazamiento como las fuentes móviles.

2.13. Contaminantes del agua

Los desechos que contaminan el agua hacen que se altere su sabor, densidad, pureza entre otros (Sorlini y Collivignarell, 2017). Los contaminantes y las metodologías que afecta la calidad del agua son:

Contaminantes orgánicos: Se alteran en el agua y reducen el oxígeno disperso; descienden de fuentes industriales, domésticos y asentamientos humanos (Bochardt & Walton, 2017).

Nutrientes: Incluyen fundamentalmente fosfatos y nitratos: descienden de desechos humanos y animales escurrentía y agrícola.

Materiales pesados: Se producen alrededor de centros fabriles, mineros y actividades militares o lixiviados.

Contaminación microbiológica: Remanentes domésticos no tratados, criaderos de animales.

Compuestos tóxicos orgánicos: Químicos industriales, dioxinas, plásticos, pesticidas, hidrocarburos y agregados orgánicos persistentes.

Partículas suspendidas: Pueden ser orgánicas o inorgánicas y se origina principalmente de prácticas agrícolas y del cambio del uso de la tierra.

Desechos nucleares: Incluye una gama amplia de radio núcleos utilizados en fines pacíficos.

Salinización: Se produce por la presencia de sales en los suelos y drenajes inadecuados. También ocurre por afloramiento de agua proveniente de zonas altas donde se riega.

Acidificación: Está relacionada con un PH bajo del agua dado por la disposición sulfúrica producida por la actividad industrial y por las emisiones urbanas (Bochardt & Walton, 2017).

2.14. Fitorremediación

La fitorremediación es un proceso o medio de tecnología verde que se fundamenta en el uso de vegetación como agente principal des contaminador y remediador ya sea del aire, suelos, sedimentos agua superficial y subterránea (Ringallinella, 2016).

Los métodos de fitorremediación se fundamentan en procesos de limpieza beneficiando la capacidad natural de las plantas de filtración, acumulación, metabolización y evaporación tanto de contaminantes orgánicos e inorgánicos. En este procedimiento las plantas funcionan como trampas o filtros biológicos que descomponen los contaminantes y consolidan las sustancias metálicas fijándolos en sus raíces, tallos u hojas o metabolizándolos tal como lo hacen los microorganismos para posteriormente convertirlos en compuestos menos peligrosos (Delgadillo y Prieto , 2018).

En la fitorremediación se asemejan varios tipos de procesos de remediacion que varian según los fragmentos de la planta que anuncian a los microorganismos que favorecen con la degradacion de los contaminantes (Delgadillo y Prieto , 2018).

2.15. Efectos en la salud humana

La presencia del arsénico (As) en el ambiente es un inconveniente de salud pública de las personas debido a que se trata de un suceso de alta reiteración que ha sido manifestado en varios países del mundo tales como: Argentina, Brasil, Chile, China, India,

México, y Taiwán. Además el arsénico (As) es considerado por varios organismos científicos entre ellos la International Agency for Research on Cancer (*IARC*) como un agente carcinogénico para humanos con base en estudios epidemiológicos que dependen de la exposición al arsénico y cáncer a los pulmones (International Agency for Research, 2016).

La contaminación por arsénico (As) del agua potable aflige la vida de 150 millones de personas aproximadamente en todo el mundo y es una gran amenaza para la humanidad. Este metal ha sido causa de contaminación, lesiones cutáneas varios tipos de cáncer y otros síntomas en personas expuestas al arsénico. Por lo tanto para reducir los riesgos es ineludible desarrollar estrategias que puedan reducir el nivel de arsénico (As) en el medio ambiente (Carabantes y Fernicola, 2016).

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Ubicación

La parroquia Toacaso se encuentra ubicado en la parte Noroccidente del cantón Latacunga en las faldas de los Illinizas.

Los límites de la parroquia Toacaso son:

NORTE: Faldas del Illinizas Norte, desde el nacimiento del Rio Zarapullo y parte de la parroquia Pastocalle.

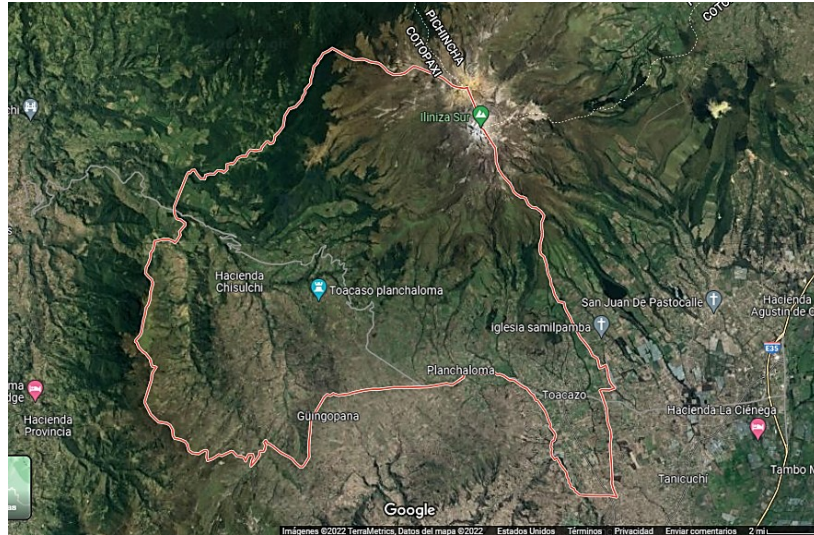
SUR: La Parroquia de Canchagua (cantón Saquisilí) y parroquia Guaytacama (Cantón Latacunga)

ESTE: Parroquia Tanicuchi.

OESTE: Cantón Sigchos.

Figura 1

Ubicación de la parroquia Toacaso cantón Latacunga.



Nota: La figura representa la ubicación de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

Descargada de Google maps 2022.

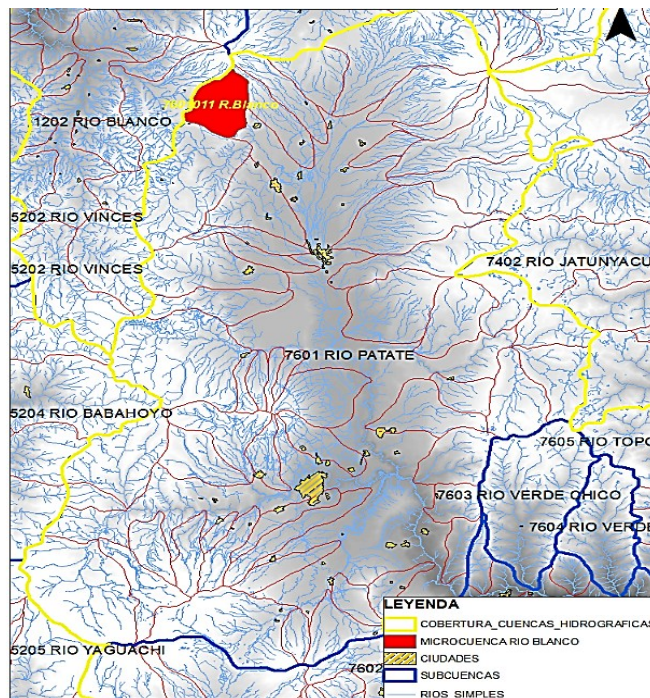
El objeto de estudio en la presente investigación pertenece a las aguas de concesión de la Quebrada Tiliche más los restos que se generen en la misma, ubicadas en la Comuna Rasuyacu de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga provincia de Cotacachi, la misma que se encuentra ubicada en la Reserva Ecológica los Illinizas formando parte del Sistema de Áreas Protegidas (SNAP) de Ecuador.

La Quebrada Rasuyacu Corazón se localiza en la Micro cuenca Alta del Río Pumacunchi, nace desde los páramos de la Reserva Ecológica los Illinizas el mismo que colinda al norte con la Cuenca del Esmeraldas, al Sur con la Micro cuenca del Río Patea

al Oriente con la Micro cuenca del Rio Cutuchi al occidente con la Micro cuenca del Rio Toachi la Quebrada Rasuyacu tiene una longitud de 5km aproximadamente.

Figura 2

Ubicación del área de Estudió



Nota: La figura representa la ubicación del área de estudio. Elaboración propia a partir de datos del GAD Parroquial Toacaso (2021-2022).

3.1.1. Clima

El clima de la parroquia tiene escasas variantes las mismas que se encuentran determinadas por la altitud la atribución de las corrientes cálidas del trópico y la cercanía al nevado los Illinizas.

3.1.2. Temperatura

En general las temperaturas promedio fluctúan entre los 6°C a 12°C dentro de la categorización de formaciones bioclimáticas, al área de Toacaso le corresponde a la zona Ecuatorial de Alta Montaña. A nivel micro podemos establecer 5 niveles con rango de temperatura caracterizada en 2 grados en cada nivel. Debemos tomar en cuenta que por el cambio climático las temperaturas han variado en diferentes zonas de la parroquia (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

Figura 3

Clima y temperatura de Toacaso

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	10.7	10.7	10.7	10.7	10.8	10.5	10.5	10.8	10.8	10.7	10.7	10.7
Temperatura min. (°C)	7.8	7.8	7.7	7.6	7.7	7.2	7	6.8	6.8	7.2	7.5	7.7
Temperatura máx. (°C)	15.1	15.2	15.3	15.3	15.3	15.1	15.4	16.1	16.2	15.8	15.4	15.1
Precipitación (mm)	238	238	305	275	189	97	68	70	146	235	243	244
Humedad(%)	84%	84%	85%	85%	82%	78%	74%	71%	74%	81%	84%	85%
Días lluviosos (días)	20	18	20	19	17	13	11	10	16	20	19	20
Horas de sol (horas)	5.9	5.6	5.9	6.2	6.6	6.9	7.4	8.2	8.1	6.8	6.1	5.9

Nota: La figura representa la temperatura máx. – min, precipitación, humedad, días lluviosos (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.3. Precipitaciones

Encontramos dos zonas determinadas y fragmentadas por la cordillera occidental. La parte que corresponde se dirige a los valles andinos en donde la precipitación oscila entre los 500 a 750 mililitros anuales y la zona que se ubica en el flanco occidental de la cordillera en referencia que se dirige hacia el trópico del Ecuador con precipitaciones mayores y en asimilación a la zona del flanco oriental de la cordillera con un promedio de 750 a 1000 mililitros anuales. Las mayores precipitaciones anuales están proporcionadas por la presencia de vientos calientes que vienen desde el trópico y la presencia de la niebla que se condensa para producir las precipitaciones (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.4. Agua.

Debido al incremento de la población en áreas urbanas, rurales y contornos agrícolas concentrados se está generando mayor contaminación a los recursos hídricos, ya que al focalizarse la agrupación poblacional la producción de los desechos aumenta en volúmenes localizados que se difunden o depositan en las quebradas de afluentes del agua (Bochardt y Walton, 2017).

La contaminación de las aguas es un tema de mayor importancia al momento de planificar el desarrollo de la parroquia, este es un foco de contaminación de las aguas de consumo humano y uso agrícola a su vez es necesario señalar que los animales incluso

humanos, hacen sus necesidades en lugares cercanos a los afluentes de agua la contaminación es de un 30% (en una muestra de agua) porcentaje que se encuentra dentro de lo normal de donde yace la presencia de coliformes bacterias virus y otros parásitos en el agua de consumo humano (Bochardt y Walton, 2017).

De acuerdo a los estudios previos realizados en distintos puntos del sector, para definir la cantidad de arsénico en las vertientes de agua se han señalado que estos estudios han sido indispensables debido a que los suelos son de origen volcánico en la parroquia Toacaso por lo que el GAD Parroquial ha realizado una petición formal a la SENAGUA o MAAE entidades rectoras o que aprueban el óptimo aprovechamiento del agua de las vertientes del sector Quilloturo que se encuentra ubicado en la parte norte de los Illinizas esto beneficiara a los 38 barrios y comunidades de la parroquia de Toacaso (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.5. Altitud

En lo referente a la altitud en territorio de la parroquia Toacaso se encuentra sobre los 2680 msnm y supera los 4000 msnm en la cordillera y la cota máxima del nevado los Illinizas es de 5248 msnm (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.6. Relieve

Los elementos que inciden en la determinación del relieve son las pendientes las distancias de las laderas y las elevaciones. El enfoque del análisis hace referencia a como esta variable favorecen o limita las acciones humanas para su bienestar; económico cultural y social. Dos factores son determinantes para la conformación de su relieve el movimiento de las placas tectónicas la erosión por efectos del viento y del agua. En este proceso de miles de años ha determinado el relieve actual (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.7. Cobertura y uso del suelo

Existe la presencia de varios ecosistemas de páramos entre ellas herbáceo seco, arbustivo y de almohadillas. Los mismos que son imprescindibles y significativamente importantes. Los páramos de la parroquia han sufrido una reducción muy significativa e importante de la cobertura vegetal. El poco cuidado a la conservación de las reservas ecológicas. Existe la quema de los páramos a pesar del plan de contingencia que se ha realizado en la parroquia (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

Una zona extensa está cubierto por cultivos de ciclo corto como productos de la intromisión humana los cultivos agrícolas más relevantes son: papa, habas, melloco y maíz. La superficie de cultivo se amplifica sobre 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 con más de 10 hectáreas, por consiguiente la producción de pastos ocupa una gran parte del territorio.

Las áreas de plantaciones forestales, fundamentalmente de pinos ocupan un 3% ubicado especialmente en la Comunidad Rasuyacu de la Cooperativa Santa Fe con el 1% y finalmente Cotopilalo el 2% (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

Las zonas de producción son:

Zona baja arenosa o seca

Zona media arenosa (húmeda)

Zona media arenosa (seca)

Zona alta arenosa (seca)

Zona alta (húmeda)

3.1.8. Reservas y páramos

De acuerdo a la calificación de Holdridge en el territorio de la parroquia Toacaso se encuentra 3 zonas de vida:

Pajonal húmedo Montaña (b.h.M)

Delimitado entre 2680 – 3300 msnm la topografía es de montañosa a escarpada. Su vegetación actualmente está trastornada, se ha observado en ciertas áreas de pastoreo de ganado de lidia e incluso en sectores para la producción agropecuaria a pesar de su u

alta humedad y baja temperatura la misma que no es apta para labores agropecuarias. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020)

Pajonal Subalpino (b.p.S.A)

Se ubica entre los 3880 y 4200 msnm. La temperatura varía entre los 3°C y 6°C y las precipitaciones sobrepasan los 1500 mm promedio anuales. El área florística de esta zona de vida se caracteriza por pajonales. En los términos inferiores de esta zona en forma esporádica se ven matas de carrizo pequeño probablemente del género Chusquea. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020)

Reserva Ecológica los Illinizas

El área de la Reserva Ecológica los Illinizas se encuentra dentro del territorio de Toacaso que cuenta con 5582 hectáreas, es decir que el 36% del Territorio Toacaso, corresponde a la Reserva Ecológica los Illinizas. Esta es un área considerable de la Reserva Ecológica antes mencionada que se encuentra intervenida que ha desbrozado los páramos y zonas boscosas el cual se ha transformado en suelos de producción agropecuaria. Al pie de los Illinizas se encuentra un Refugio de Vida Silvestre, que aún conserva significativas extensiones vegetales donde todavía es posible encontrar fauna silvestre (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.9. Trabajo y empleo

Las primeras actividades productivas en la parroquia de Toacaso son agrícolas y ganaderas. Estas actividades generan una gran atribución en la eficiente económica de la población. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020)

La población económicamente activa (PEA) se dedica a la ganadería, a la producción agrícola y a la venta y distribución de la misma al por mayor y menor otra actividad relevante es la recolección de leche y la piscicultura, la parroquia de acuerdo con el censo del año 2010 es de 2937. Haciendo la clasificación por sexo, tenemos que la población económicamente activa (PEA) de la población masculina es de 1968 hombres y 1251 mujeres. En otros términos podemos aseverar que el 50.83% de la población de la Parroquia Toacaso es económicamente activa. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

Tabla 1

Población económicamente activa

SEXO	PEA	%	PEA TOACASO
Hombre	1.986	61.51%	50.83%
Mujer	1.251	41.19%	
Total	2.937		

Nota: Esta tabla muestra la población económicamente activa Toacaso (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.10. Redes de riego

El sistema de riego consta de una cadena de elementos aunque no esencialmente el sistema de riego debe constar de todas ellas, ya que el conjunto de elementos antes mencionado dependerá del tipo de tratamiento de agua de riego en especial si se trata de agua superficial (esencialmente en su variante de riego por inundación) por aspersión o por goteo (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.1.11. Cobertura de riego

Se ha detallado en la parroquia de Toacaso 26 Sistemas de riego asociativo con un número total de 2.180 usuarios. Los usuarios tiene un total de 2.650 has aprox. de esta superficie 1.200 has (45%) son regadas. Estos datos no consideran las superficies de las haciendas y compañías Florícola. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

Tabla 2

Cobertura de riego

N.-	COMUNIDADES	# USUARIOS	HECTAREAS
1	Canal Central Toacaso	320	400

2	Pilacumbi	300	200
3	Chisalo	250	120
4	San Carlos	145	126
5	Wintza	114	15
6	Yanahurquito Chico	93	500
7	San Ignacio	84	80
8	Yugsiche Alto	80	40
9	Vicente León	64	150
10	Cotopilalo	140	200
11	Rasuyacu Coop.	60	60
12	Rasuyacu Corazón	55	80
13	Rasuyacu Chiguantug	54	60
14	Goteras de pueblo; El Calvario	80	170
15	San Francisco	50	200
16	Moya Grande	48	60
17	Patria Nueva	30	180
18	Mónica	30	40
19	Lomas de monjas	27	20
20	Cuicuno Sur	20	10
21	Samaná	24	50
	TOTAL	2068	2761

Nota: Esta tabla muestra los sectores con el uso de sistemas de riego. Elaboración propia de los datos (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020)

3.1.12. Salud

El promedio general según datos proporcionados por los habitantes de la parroquia Toacaso (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020). Padre y madre cabezas de hogar tienen diferente tratamiento de las enfermedades por lo que se puede notar que no hay equidad el 76,54% de los padres de familia frente al 68.71% de muertes que atienden en el Centro de Salud es decir 7.93% de diferencia a favor de los hombres. El 3.7% de los padres y el 14.7% de madres acuden al centro médico. En el Jambina Wasi (centro médico de Toacaso) se atiende el 2.22% de las madres. Respecto al servicio de salud usan cuando se enferman los hijos e hijas son aproximadamente similares: el 71,20% de los hijos e hijas se atienden en el Centro de Salud la misma proporción de niños y niñas se hacen la limpia de cuy el 13.96% de los hijos usan la medicina natural frente al 12,50% de hijas. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020)

3.1.13. Educación

En la parroquia de Toacaso se observa que el 5.82% no tiene ningún nivel de escolaridad es la población de edad no escolar el 12.3% de la población es analfabeta el 0.4% de la población se implantó en los programas de alfabetización el 33.35% de la población tiene la instrucción primaria el 1.66% de la población certificó el Ciclo Básico el 23.05% de la población certificó hasta el décimo año de educación básica el 19.25% termino el Bachillerato y solamente el 2.26% de la población tiene educación superior

estudiantes universitarios titulados universitarios y titulados a nivel tecnológico (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , 2020).

3.2 Equipos y materiales

Para el presente estudio se realizó la toma de muestras en los puntos definidos y señalados muestras que se recolectaron y fueron transportadas en envases herméticamente sellados y rotulados con las fechas respectivamente y a temperatura ambiente.

Tabla 3

Materiales e instrumentos

TIPO DE MATERIAL	DESCRIPCION
Reactivos	Ácido clorhídrico
Instrumentos	Probetas graduadas de distintos volúmenes
	Vaso de precipitación
	Tubos de digestión de 25ml con tapones
	Refrigerante para ICP
	Muestreador
	Agitador rotatorio de 40 rpm

Nota: Esta tabla muestra todos los reactivos e instrumentos que se utilizaran en el análisis de las muestras de agua (AGROCALIDAD, 2018).

3.3. Tipo de investigación

3.3.1. Investigación Bibliográfica

En esta investigación se seleccionó información de revistas científicas: Tesis, libros, informes técnicos, PDYOT de la parroquia Toacaso y la normativa ambiental vigente como el Acuerdo Ministerial 097 A (2015). Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua.

3.3.2. Investigación Descriptiva

Este tipo de investigación permitió establecer la zona de influencia de la investigación la cual se desarrolló en las vertientes de agua de los Ilinizas y varios sistemas de riego en la comuna Rasuyacu, Parroquia Toacaso – Cantón Latacunga – Provincia Cotopaxi- Zona 3, el agua que fue objeto de nuestra indagación es de una de las vertientes que es captada y aprovechada por los habitantes de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

3.3.3. Investigación Analítica

La investigación analítica permitió examinar los resultados obtenidos de los muestreos de agua y así poder instaurar estrategias para la remoción del arsénico en los sitios o puntos intervenidos.

3.3.4. Métodos a utilizarse en la ejecución del presente proyecto

3.3.4.1. Método Inductivo

Este método me permitió crear un concepto sobre la contaminación por arsénico proveniente de una de las vertientes de la reserva ecológica Los Illinizas, estableciendo datos para la determinación de la remoción de arsénico y la comparación con los límites permisibles vigentes.

Etapas de aplicación en el siguiente método:

Observación: Mediante el método de la observación se logró identificar la cantidad de arsénico existente en el agua que previamente se tomó muestras para la verificación y análisis.

Análisis: Para el análisis y verificación de los resultados se utilizó una hoja de cálculo en Excel para la comparación y determinación del porcentaje de arsénico (As) presente en las muestras antes mencionadas.

Comparación: La comparación de los resultados se lo realizó entre los índices señalados en la tabla 3 de criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola del Acuerdo Ministerial 097-A, 2015 y el resultado arrojado del análisis de las muestras de agua antes mencionadas.

Técnicas que se utilizó para el cumplimiento de la presente investigación:

3.3.4.2. Observación Directa

La observación directa en la presente indagación permitió identificar la zona de estudio afectada por la presencia de arsénico (As).

3.3.4.3. Monitoreo

Se realizó 10 monitoreos de agua en cada punto de relevancia 2 iniciales 6 centrales y 2 puntos finales muestras que se realizaron en 4 meses tanto en reservorios y el sus respectivas Quebradas todo este procedimiento se lo realizo con el fin de determinar el porcentaje de arsénico.

3.4. Prueba de hipótesis – pregunta científica- idea a defender -

¿El sistema de Islas Flotantes es una estrategia funcional y factible para la remoción de arsénico en la Quebrada de Rasuyacu de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga?

De acuerdo al análisis de los datos alcanzados de los muestreos de agua, tomados en un periodo de evaluación y seguimiento de 4 meses se observó que existe un porcentaje de arsénico alto lo cual se realizó una comparación de los resultados con los límites

máximos permisibles de los niveles de arsénico en el agua para la irrigación de cultivos y otras actividades semejantes y de acuerdo a los resultados arrojados recomendar o señalar un sistema o alternativa factible y funcional que permita la remoción del arsénico en el área de estudio señalado que cumpla los requerimientos del COA y los índices del (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

3.5. Población o muestra

El tipo de muestreo que se utilizo es el “muestreo compuesto” que consiste en tomar varias muestras simples en distintas partes de la quebrada, pero del mismo punto de monitoreo.

3.6. Recolección de información

Después de una inspección técnica y la respectiva recolección de información en el área de estudio se pudo observar que el sector presenta un clima frío cálido húmedo, con una temperatura que oscila desde los 6°C a 12°C y con precipitaciones entre los 500 a 750 milímetros anuales esto debido a la presencia de vientos cálidos y neblina > cabe recalcar que encontramos pajonales, chochos de monte y pequeñas flores amarillas plantas adaptadas al frío y al inhóspito suelo. El páramo se encuentra sobre los 3700 msnm y se puede identificar varios ecosistemas de páramos; páramo herbáceo, páramo seco, páramo arbustivo y páramo de almohadillas la cual corresponde a la clasificación de Bosque Montano Alto Siempre Verde Acuerdo Ministerial (2015).

El sitio de recolección del agua fue de los restos generados de la Quebrada que los utilizan en épocas de sequía, agua que cuenta con la presencia de metales pesados en gran cantidad entre ellos de arsénico.

Tabla 4

Coordenadas de intervención en el proyecto

COORDENADAS	COORDENADAS
X	Y
759674,96	9912242,39
759674.96	9912242,39
752053.00	9919800.00
752053.00	9919800.00
752770.53	9921955.86
752053.00	9919800.00
757524.00	9916212.00
757842.00	9915932.00
752053.00	9919800.00
752053.00	9919800.00

Nota: Esta tabla muestra los puntos a intervenir en el proyecto. Elaboración propia de los datos recogidos en situ (2021).

3.6.1. Muestreos

3.6.1.1. Toma de muestras de agua

Las muestras de agua serán utilizadas para la determinación de la concentración de arsénico inicial y final y es importante señalar también que las muestras de agua con sedimentos determinaran la presencia de arsénico y de hierro en los mismos.

Para lo cual se debe seguir el siguiente procedimiento (AGROCALIDAD, 2018):

- Usar los guantes de látex para la toma de muestras, ya que se manipula el agua contaminada.
- Lavar el envase de vidrio las veces necesarias con el agua que se va a recolectar antes de la toma de la muestra.
- Llenar el frasco de vidrio de 100 ml completamente y taparlos correctamente de tal manera que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte.
- Adición del preservante: En este proceso se usa el ácido clorhídrico al 36% como compuesto químico necesario para la mantenimiento específico de ciertos elementos para la determinación de arsénico, en el cual se debe añadir 8 gotas en el sitio de la recolección: y posteriormente proceder a taparlos.
- La refrigeración o congelación de las muestras no es necesario ya que por la colocación del preservante se las puede mantener a temperatura ambiente.

- Los frascos que contienen las muestras deberán ser protegidos y rotulados de manera que se pueda conservar una secuencia de toma de muestras y que ayuden a una correcta interpretación de los resultados, con su respectivo código o numeración marcados y señalados de manera clara y permanente: fecha y hora del muestreo o la toma de muestra, y a su vez añadir la cantidad de los conservantes adicionados.

Tabla 5

Requerimientos para la toma de muestras de agua

Parámetro	Volumen min de muestra	Envases	Preservante	Recolección
Metales:	100ml	Vidrio	Ácido	Lavar el envase de
Arsénico			Clorhídrico (HCl)	vidrio de 2 a 3 veces con el agua que va a ser recolectada, llenar el envase añadir 8 gotas de ácido clorhídrico, cerrar el envase correctamente

Nota: Esta tabla muestra los requerimientos indispensables y necesarios para la toma de muestras de agua. Elaboración propia de los datos PDOT TOACASO (2020).

3.7. Procesamiento de la información y análisis.

Las recolecciones de las muestras de agua se realizaron en distintas fechas y en varios puntos del sector afectado para posteriormente enviarlas al laboratorio donde se

realizara las pruebas correspondientes que permitan señalar los índices de arsénico presentes en las mismas mediante la adición de compuestos químicos que faciliten cada uno de los procesos.

3.7.1. Límites máximos permisibles

3.7.1.1. Arsénico en aguas para riego agrícola

Los límites máximos permisibles de los niveles de arsénico en el agua disponible en el uso agrícola para la irrigación de cultivos y otras actividades semejantes, se encuentran en el COA Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua en donde se prohíbe el uso de aguas servidas para riego prescindiendo las aguas servidas tratadas y que cumplan los niveles de calidad establecidos (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

De acuerdo a los criterios de calidad de aguas para riego agrícola señalado en el ACUERDO MINISTERIAL 097 – A, 2015 se define de la siguiente manera:

Parámetro: (As) Arsénico, criterio de calidad 0.1 mg/l. (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

3.7.1.2. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce: arsénico y hierro

Los lodos y sedimentos generados de tratamiento de aguas, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuarios sistemas de alcantarillado y

causases estacionales secos o no, siempre y cuando no cumpla con las Normas fijadas en el COA Norma de Calidad y de Descarga de Efluentes al Recurso Agua. (ACUERDO MINISTERIAL, 2015)

Tabla 6

Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Arsénico total	As	mg/L	0.1
Hierro Total	Fe	mg/L	10

Nota: Esta tabla muestra los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce como lo señala el ACUERDO MINISTERIAL 097-A, 2015 (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

3.8. Variables respuesta o resultados alcanzados

Tabla 7

Variables independiente y dependiente

VARIABLE	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADORES	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
INDEPENDIENTE Actividades antropogénicas	Todo lo que es relativo al ser humano, por oposición a lo natural, y especialmente se aplica a todas las modificaciones que sufre lo natural a causa de la acción de los humanos (De Conceptos, 2015).	Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> • Industrias • Actividades agrícolas, ganaderas • Descargas domesticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Check list • Método cualitativo
DEPENDIENTE Calidad de agua de la Quebrada Rasuyacu y diversos sistemas de riego	La calidad del agua está determinada por la presencia y la cantidad de contaminantes, factores físico-químicos tales como pH y conductividad, cantidad de sales y de la presencia de fertilizantes	Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> - Arsénico - Hierro 	Criterios de calidad de aguas para riego agrícola

Nota: Esta tabla muestra las variables dependiente e independiente la que definirá las actividades a realizar en el presente proyecto. Elaboración propia (2020).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Concepción del diagnóstico

Es necesario considerar la participación comunitaria de las personas en su propio contexto de desarrollo ya que las comunidades del sector rural tienen que ser tomados en cuenta en los procesos de gestión planificación desarrollo y evaluación de proyectos que se implementen en distintas comunidades, logrando así cambios significativos en la zona de influencia partiendo desde con un buen diagnóstico, socialización y participación comunitaria.

4.1.2. ANÁLISIS DE LA PRESENCIA Y CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO EN LAS AGUAS SUPERFICIALES

Se realizó el monitoreo de agua de una de las fuentes y de un sistema de riego que pertenece al sector y de la Quebrada de Rasuyacu monitoreo que se utilizó para la presente investigación durante cuatro meses Febrero, Marzo, Abril, Junio de 2021.

Siguiendo el procedimiento de muestreo señalado en la metodología se tomaron las muestras para luego analizar y compararlas en el Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8

Resultado de los muestreos de agua

FECHA	ROTULACIÓN DE LA MUESTRA	LUGAR DEL MUESTREO	TIPO DE MUESTREO	TIPO DE MUESTR A	PARÁMETROS	
					ARSÉNICO	UNIDAD
31/03/2021	A01	Paramo de los Ilinizas	Puntual	Agua Natural	3.070	mg/L
02/06/2021	A02	Reservorio Quebrada de Tiliche - Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	2.980	mg/L
26/03/2021	A03	Reservorio Quebrada de Tiliche - Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	1.150	mg/L
15/03/2021	A04	Reservorio Quebrada de Tiliche- Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	1.110	mg/L
15/06/2021	A05	Reservorio Quebrada de Tiliche- Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	1.100	mg/L

08/04/2021	A06	Reservorio Quebrada de Tiliche - Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	0.796	mg/L
08/03/2021	A07	Reservorio Tiliche San José - Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	0.745	mg/L
02/02/2021	A08	Reservorio Tiliche San José - Rasuyacu	Puntual	Agua Natural	0.720	mg/L
27/04/2021	A09	Toacaso Centro	Puntual	Agua Natural	1.111	mg/L
27/04/2021	A10	Toacaso Centro	Puntual	Agua Natural	0.019	mg/L

Nota: Esta tabla muestra los resultados de los muestreos de agua analizados en el Laboratorio (ACUERDO MINISTERIAL, 2015).

De acuerdo a los criterios admisibles para las aguas destinados a uso agrícola se presentan en la Tabla 3 del Acuerdo Ministerial 097 A – 2015.

Tabla 9*Resultado de los muestreos de agua*

CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA RIEGO AGRICOLA			
PARAMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIOS DE CALIDAD
Aceites y grasas	Película Visible		Ausencia
Aluminio	Al	mg/l	5.0
Arsénico	As	mg/l	0.1
Berilio	Be	mg/l	0.1
Boro	B	mg/l	0.8
Cadmio	Cd	mg/l	0.1
Cinc	Zn	mg/l	2.0
Cobalto	Co	mg/l	0.0
Cobre	Cu	mg/l	0.2
Coliformes fecales	NMP	NMP/100m	1000.0
		1	
Cromo	Cr	mg/l	0.1
Flúor	F	mg/l	1.0
Hierro	Fe	mg/l	5.0
Huevos de parásitos		mg/l	Ausencia
Litio	Li	mg/l	2.5
Materia flotante	Visible	mg/l	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0.001
Manganeso	Mn	mg/l	0.2
Molibdeno	Mo	mg/l	0.01
Níquel	Ni	mg/l	0.2

Nitritos	NO2	mg/l	0.5
Oxígeno Disuelto	OD	mg/l	3.0
PH	Ph	mg/l	6 --9
Plomo	Pb	mg/l	5.0
Selenio	Se	mg/l	0.02
Sulfatos	SO4	mg/l	250
Vanadio	V	mg/l	0.1

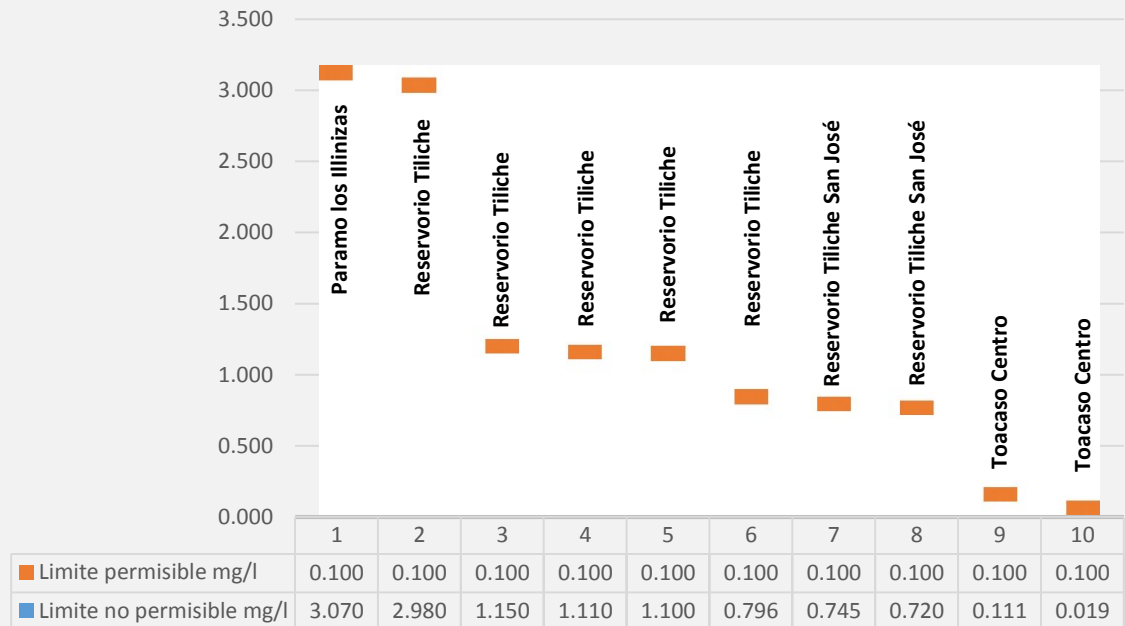
Nota: Esta tabla muestra los criterios de calidad de agua para uso agrícola. Elaboración propia de los datos del ACUERDO MINISTERIAL 097- A 2015.

4.1.2.1. Interpretación de resultado

Figura 4

Índice de arsénico en las muestras tomadas en la Quebrada Rasuyacu de la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

ÍNDICE DE ARSÉNICO (As) Quebrada Rasuyacu



Nota: La figura representa los índices de arsénico que se observó en el análisis de agua recibido del Laboratorio. Elaboración propia de los datos del muestreo de agua (2021).

Se pudo observar que en los resultados de las muestras obtenidas existe un porcentaje de arsénico (As) alto en la muestra A01 la que se realizó en el Páramo de los Ilinizas el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 3.070 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l, en la muestra A02 la que se realizó en el Reservoirio Quebrada de Tiliche - Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 2.980 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l en la muestra A03 la que se realizó en el Reservoirio Quebrada de Tiliche- Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 1.150 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l.

En la muestra A04 que se la realizo en el Reservoirio Quebrada de Tiliche - Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 1.110 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l en la muestra A05 que se la realizo en Reservoirio Quebrada de Tiliche - Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 1.100 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l en la muestra A06 la que se lo realizo en Reservoirio Quebrada de Tiliche – Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 0.796 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l en la muestra A07 que se lo realizo en el Reservoirio Tiliche San José - Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 0.745 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l.

En la muestra A08 que se lo realizo en el Reservoirio Tiliche San José - Rasuyacu el tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 0.720 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/L en la muestra A09 que se lo realizo en Toacaso Centro tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 0.111 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/L en la muestra A10 que se lo realizo en Toacaso Centro tipo de muestra fue puntual de agua natural lo que como resultado se obtuvo 0.019 mg/l no cumpliendo el índice de calidad permisible de 0.1 mg/l.

4.1.3. SISTEMA DE ISLAS FLOTANTES (IFA) COMO ESTRATEGIA PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO

En las últimas dos décadas las islas flotantes han avanzado de los humedales artificiales o filtros verdes y se han experimentado en diversas partes del mundo para diferentes estudios, tales como la mejora de la calidad del agua, la creación de hábitats y la purificación de distintos tipos de aguas residuales. En Alemania, Estado Unidos China y Japón decidieron efectuar en lagos y lagunas como método de remoción de contaminantes obteniendo excelentes resultados (Martinez y Lopez, 2018).

Las islas flotantes actúan como humedales artificiales contruidos, por una estructura flotante en donde la plantas macrofitas se desarrollan enraizadas en la superficie, lo tallos de las plantas se generan por encima del nivel del agua, mientras que las raíces crecen al interior del agua hacia el fondo del reservorio o estanque beneficiando los procesos de fitodepuración.

Las islas flotantes (IFA) son un esquema con una extensa diversidad de formas y de fácil instalación, las mismas que ofrecen un proceso biológico de reparación del ecosistema acuático con una buena relación costo-beneficio con casi nulo mantenimiento (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.3.1. Aplicación

Las Islas flotantes (IFA) son una solución transformadora que se han utilizado con éxito para una serie de aplicaciones diseñadas para el perfeccionamiento del hábitat acuático, proyectos estéticos en estanques ornamentales y principalmente aportan a la descontaminación de cuerpos de agua.

Según (Carvajal y Lazo, 2017). En cuanto a la mejora de la calidad del agua, importantes aplicaciones alcanzadas hasta la fecha han sido para el tratamiento:

Aguas lluvias

Aguas residuales

Aguas con la presencia de metales pesados

Efluentes de industria minera

Desbordamiento combinado de aguas pluviales y alcantarillado

Efluente de basura

Depósitos de suministro de agua

4.1.3.2. Materiales, estructura y diseño de la isla flotante

Para certificar la durabilidad resistencia y eficiencia en el proceso de remediación ambiental, en el diseño de los lechos de las islas flotantes (IFA) se deberá tomar en cuenta parámetros físicos y biológicos relacionados con los materiales y su disposición en el lecho flotante (Lu, Ku, y Chang, 2015).

Para el diseño de las islas flotantes se utilizan dos componentes: la estructura flotante y la vegetación (Martinez y Lopez, 2018).

La estructura flotante está formada por un marco de tubos y codos PVC su forma longitudes del marco y de los tubos PVC dependerá de la necesidad del investigador. Sobre el marco se coloca una malla plástica con una abertura de 1 a 1.5 cm esto para que las raíces puedan sumergirse en el agua, una vez sujeta con la ayuda de correas de amarre se coloca una capa de sustrato vegetal como fibra de coco: por último se utiliza botellas plásticas reciclables de 3l con su respectiva tapa lo cual garantizaran que la estructura permanezca flotando y se ubiquen bajo de la estructura de PVC.

La parte basal de las plantas reposa entre la malla plástica y la del sustrato mientras que la parte aérea de las plantas prevalece por encima de la fibra vegetal y las raíces se ensanchan por debajo de la estructura flotante hacia el fondo del cuerpo de agua (Martinez y Lopez, 2018).

4.1.3.3. Funcionamiento

Se lo realiza en los sistemas flotantes naturales existentes en diferentes cuerpos de agua y están constituidas por una estera orgánica gruesa flotante que soporta el crecimiento de las plantas. El agua atraviesa bajo la estera por las secciones de las plantas sumergidas y mientras los contaminantes son removidos por la superficie de las raíces que forman biopelícula, las cuales atraen bacterias favorecedoras que existen en varios cuerpos de agua (Yeh, Yeh, y Chang, 2015).

En algunos casos en las islas flotantes se colocan aireadores el cual va a generar oxígeno en nuestro cuerpo de agua, lo que nos ayudaran al crecimiento de nuestra especie en estudio.

Al ser un medio controlado se reproducen mecanismos de eliminación de contaminantes que en los humedales naturales se dan mediante procesos físicos, biológicos y químicos (Martelo y Jaime, 2015).

Los principales actores son:

El sustrato: sirve de 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. (Alegre, 2017)

La vegetación (macrofitas): contribuye a la oxigenación del sustrato a la expulsión de nutrientes y sobre la parte subterránea también se desarrolla la comunidad microbiana (Carvajal y Lazo, 2017).

El agua a tratar: circula a través del sustrato y de la vegetación, los mecanismos involucrados en la eliminación de los principales contaminantes presentes en las aguas a tratar mediante el uso de islas flotantes (IFA) son: (Carvajal y Lazo, 2017).

Eliminación de sólidos en suspensión mediante procesos de sedimentación flocculación y filtración.

Eliminación de materia orgánica mediante los microorganismos presentes en el humedal principalmente bacterias que utilizan esta materia orgánica como sustrato.

Eliminación de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo principalmente mediante mecanismos de nitrificación des nitrificación y precipitación.

Eliminación de patógenos mediante adsorción filtración o depredación.

Eliminación de metales pesados como arsénico cadmio cinc. Cobre cromo mercurio selenio plomo (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.3.4 Ventajas de Islas flotantes

Según Soto, (2016) en su estudio de la aplicabilidad de humedales artificiales menciona que las ventajas específicas de este sistema utilizado principalmente para la purificación de agua son:

El sistema de las IFA depende principalmente de plantas macrofitas para restaurar el agua contaminada por lo que sus operaciones no causan contaminación secundaria (Carvajal y Lazo, 2017).

Mayor capacidad de depuración por estar todo el sistema radicular sumergido completamente en el agua, lo que permite una gran actividad depuradora de la materia

orgánica por medio de los microorganismos adheridos a dicha superficie o por las raíces directamente (Alegre, 2017).

Requiere una inversión mínima en la construcción ya que su estructura conlleva material reciclado y fácil de conseguirlo (Delgadillo y Prieto , 2018).

Eliminación de biomasa generada por la operación de las IFA aprovechando las raíces rizomas tallos u hojas formadas para fines energéticos o industriales dependiendo de los contaminantes tratados (Delgadillo y Prieto , 2018).

Comparado con los actuales tratamientos de agua en el sistema IFA es menos costoso en términos de instalaciones operación y uso sostenible de los recurso naturales (Delgadillo y Prieto , 2018).

4.1.3.5. IFA en Ecuador

En Ecuador, el Ministerio del Ambiente (MAE) creo un proyecto piloto de islas flotantes que se realizó a finales de junio en el año 2017 para descontaminar el estuario palanqueado en Guayaquil. En los últimos siete años es la cuarta alternativa ambiental orientada a solucionar la problemática son 40 islas flotantes que sostienen a diferentes tipos de plantas como: mangles de coliformes fecales y totales nitrógeno fosforo e aumentar el oxígeno disuelto en el agua (EL TELEGRAFO, 2017).

En el año 2017 la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL) organizo la Jornadas en Ciencias Naurales y Matemáticas ejecutaron la ponencia sobre las IFA como una opción eco tecnología para la remoción de contaminantes con el fin de restaurar y transformar los cuerpos hídrico con el uso de especies de plantas nativas como la achira (*Canna indica*) el paso guinea (*Megathyrsus maximus*) el lirio de la flor amarilla (*Iris pseudacorus*) y la caña guadua (*Guadua angustifolio*) las cuales son capaces para la absorción de contaminantes aplicadas al sistema de islas flotantes (IFA) artificiales ya que han demostrado en otros países la remoción de contaminantes en el agua (EL UNIVERSO, 2017).

4.1.3.6 Vetiver

Chrysopogon zizanioides (L) es una gramínea perenne oriunda de la India tropical y subtropical, ampliamente cultivada en los países de las regiones tropicales los mayores productores a nivel mundial son Haiti la India (Mickovski y Lopez, 2014).

Es una planta de tupidos penachos tallos tiesos en grandes grupos hojas rígidas largas y lisas que crece de 0.5 a 1.5 m espigas y semillas estériles es importante sobresalir que su propagación es través del plantío de mudas y no por rizomas, estolones o germinación de semillas lo que la hace una planta no invasora sus raíces alcanzan profundidades de hasta 4m con grandes macollos (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.3.7. Características

Vetiver es un pasto de evolución rápida una vez plantada se puede desarrollar en 6 meses una planta de 2m de altura y con raíces de 1m de largo que llegan a la madurez a los 18.24 con raíces de hasta 4m. La planta tiene una prolongación alta de más de 50 años (Muñoz y Santoyo, 2016).

En cultivo las plantas o barreras de vetiver ocupan muy poco espacio y no combaten con otras plantas. Las raíces se desarrollan verticalmente y se agrandan solo unos 0.5m alrededor de la planta. Solo en casos de aguda sequia puede haber problemas de competencia pero solo con plantas de raíces pequeñas que estén plantadas a menos de 0.70 m del vetiver. Además las raíces del vetiver, gracias a la acción de micorrizas con la que están incorporadas aumenta de forma significativa el aporte de nitrógeno al suelo (Delgadillo y Prieto , 2018).

4.1.3.8. Fitorremediacion con Vetiver

En el terreno de la fitorremediación el vetiver (*Chrysopogon zizanioides* L Roberty) se ha reconocido como la planta con mayores contenidos fitorremediadoras de suelos y aguas dentro de las 400 especies estudiadas a nivel mundial. Sus raíces de 5m y su rápido crecimiento además de su adaptación a todo tipo de climas y suelos la convierten en la estrella de la fitorremediación (Ning , Huang, y Pan, 2016).

Su condición fitorremediadora comprende todos los metales pesados y metaloides. En el caso del arsénico por ejemplo el umbral de toxicidad de las demás plantas estudiadas

esta entre 1 a 10 mg/kg mientras que el vetiver acumula niveles de hasta 72 mg/kg. La absorción de herbicidas y pesticidas también es una consecuencia exitosa al igual que los hidrocarburos y recientemente la aplicación en la descontaminación de radioactividad (Truong , Foong, y Guthrie, 2016).

Para valorar la capacidad de remoción de arsénico (As) en la presente investigación consta de cuatro etapas adaptación, construcción, evaluación y disposición final (Delgadillo y Prieto , 2018).

Adaptación de la planta fitorremediadora

Se adquirió plantas de vetiver de 20 a 25 cm de largo desde un vivero ubicado en el Limonal en las ramificaciones occidentales de los Andes en la provincia de Imbabura en una zona subtropical entre los 920 a 1000 msnm para posteriormente trasladarlas a la parroquia de Toacaso de la provincia de Cotopaxi que se encuentra a una altitud de 3190 msnm. Para su aplicación se iniciara dos fases en el suelo y en el agua (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.3.9. Adaptación en el suelo

Tipo de suelo

El suelo en el que fue trasplantado la planta de vetiver corresponde al orden Molisoles los cuales en su mayoría son de color negro con un horizonte superior de gran grosor oscuro con exuberante materia orgánica los cuales son de texturas arcillosas o arcillo arenosa PH levemente ácido y buena fertilidad natural logrando encontrarse cangagua a más de un metro de profundidad (Carvajal y Lazo, 2017).

Preparación del suelo

Se inició con la limpieza retirando las malas hierbas raíces y demás materiales que interfieran el crecimiento de la planta esta operación se puede realizar con la azada pero es más eficiente si sacamos la maleza con la mano (Carvajal y Lazo, 2017).

Abonado del suelo

La tierra fue fertilizada mediante la incorporación de abono orgánico suficiente para la nutrición de las plantas (Delgadillo y Prieto , 2018).

Trasplantación

Se realizó por esquejes propagación asexual compuesta de pedazos de tallos y hojas con una pequeña cantidad de raíces para posteriormente trasplantarlas con un poco de abono orgánico (dos puntos) en cada hoy con separación entre plantas de 30cm (Carvajal y Lazo, 2017).

Riego

El riego después del trasplante tiene que ser frecuente en forma moderada durante 15 días y después ya que se puede aplicar el agua en mayores intervalos (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4.0. Tiempo de adaptación

La adaptación en el suelo será en un periodo de tiempo de 1 mes.

Adaptación en el agua

El sistema (IFA) una vez ensamblado se instaló en un tanque reservorio ubicado en la misma zona de trasplante es decir a 3190 msnm en similares condiciones a nuestra área de estudio por lo que permanecieron sumergidas en la matriz flotante antes sus raíces fueron sumergidas en agua con nutrientes para acelerar su crecimiento (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4.1 Tiempo de adaptación

La adaptación en el agua fue por un periodo de tiempo de 2 meses para luego ser trasladados al era de estudio (Carvajal y Lazo, 2017).

Construcción de las islas flotantes artificiales

Selección de materiales

La matriz flotante se puede construir con materiales reciclables y de bajo impacto ambiental como son tubos y codos PVC pegamento de tubo una malla plástica correas de amarres plásticas y botellas plásticas recicladas. Estos materiales han sido escogidos por su durabilidad y disponibilidad en el medio (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4.2 Ensamblado de la matriz flotante

Para la unión entre tubos PVC y los codos del mismo material se usa una capa de pegamento de tubos PVC esto para testificarlos y evitar el ingreso de agua al interior de la matriz una vez seco se procede a la fijación de la malla plástica asegurándola con correas de amarres plásticas y de la misma manera las botellas plásticas en la parte inferior de la matriz para asegurar su flotabilidad (Carvajal y Lazo, 2017).

Implementación de sustrato

La fibra de coco funciona en el sistema de islas flotantes (IFA) como un aislante entre el agua y la planta por lo que reduce enfermedades y plagas. La fibra de coco requiere de un proceso de elaboración (Carvajal y Lazo, 2017).

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 (Carvajal y Lazo, 2017).

Tabla 10

Materiales y elaboración del sustrato

Sustrato	Materiales	Insumos	Procedimiento
Fibra de coco	Bandejas de aluminio	Agua (H ₂ O)	La fibra debe quedar a manera de hilos muy finos lavarlos con abundante agua y sal realizar un nuevo lavado que retire la sal para finalmente secarla en una estufa por 2 horas a una temperatura de 120 .C
	Estufa Binder	Sal (Na Cl)	

Nota: Esta tabla muestra los materiales y elaboración del sustrato (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4.3. Construcción del reservorio

Selección de materiales

El tanque reservorio o estanque es un elemento fundamental para la investigación ya que permite la retención del agua en un determinado tiempo (40días) necesaria para la experimentación (Carvajal y Lazo, 2017).

El reservorio se construirá en un espacio existente en el área de estudio el cual se construirá con costales rellenos de tierra a una altura de 1 metro 2.55 metros de ancho y 2.40 metros de largo con una capacidad de 3600 litros cabe mencionar que en la investigación se utilizara un volumen de 1800 litros Consecuentemente se colocara 42 metros de geo membrana de 0.5 milímetros para evitar el contacto del agua con la tierra (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4.4. Toma de muestras que se deberán realizar

Toma de muestras de lodos

Se lo realizara con el fin de examinar las cantidades de arsénico presentes en el remanente de la captación (ojos de agua), esto bajo el método de muestreo metódico es decir un muestreo al azar (Carvajal y Lazo, 2017).

Toma de muestras de raíces del vetiver

El análisis vascular permite conocer el estado de la planta y diagnosticar el exceso o carencia de los contaminantes en estudio en este caso arsénico, el cual se lo realizara después del tiempo de evaluación del sistema de islas flotantes (IFA) (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4.5. Determinación del porcentaje de remoción de arsénico (As).

Para determinar la eficiencia del sistema, se examinan los datos obtenidos en los análisis realizados en el Centro de Investigación y Control Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional, tanto de las concentraciones iniciales y finales de arsénico (As) aplicando la siguiente ecuación de porcentaje de remoción: (Carvajal y Lazo, 2017).

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

Donde $\%R_N$ es el porcentaje de remoción del contaminante; C_0 es el valor de concentración del parámetro inicial y C_1 es el valor de concentración del parámetro final, todo esto multiplicado por 100

4.1.4.6. Disposición final del sistema integral (IFA)

Disposición final de la matriz flotante

La matriz flotante constituida por los tubos PVC la malla y las botellas de plástico se puede almacenar para futuras investigaciones del mismo tipo así optimizando recursos y reciclando una vez más los mismos materiales (Carvajal y Lazo, 2017).

Disposición final de material vegetativo

Para la disposición final de las plantas de vetiver utilizadas y su sustrato en este caso la fibra de coco se deberá seguir el siguiente proceso (Carvajal y Lazo, 2017).

Proceso de recolección y transporte

Los residuos vegetales del sistema de islas flotantes (IFA) deberán ser recolectados de forma manual utilizando equipos de protección personal (EPP) bolsas de basuras plásticas selladas trasladándolos al sitio de incineración (Carvajal y Lazo, 2017).

Proceso de incineración

Los residuos de plantas y fibra de coco serán dispuestos en un lugar impermeable para ser secados a temperatura ambiente durante dos días. En un contenedor de metal sellado se ubica los residuos secos para posteriormente realizar combustión a una temperatura aproximada d 300 °C convirtiendo los residuos en cenizas (Carvajal y Lazo, 2017).

Disposición final

Una de las opciones para desechar las cenizas de los residuos es mezclar proporcionalmente, con materiales pétreos de construcción como cemento y arena para utilizarlos en construcciones (Carvajal y Lazo, 2017).

4.1.4. EVALUACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE ARSÉNICO Y ELEMENTOS TRAZA EN SUELO

Se deberá usar diferentes índices de riesgo ecológico para estimar un grado de contaminación y enriquecimiento por arsénico (As) en suelos agrícolas de la parroquia Toacaso y en sedimentos superficiales de la Quebrada Rasuyacu. Se evaluará utilizando tres índices de riesgo ecológico factor de enriquecimiento, factor de contaminación e índices de geo acumulación (Delgadillo y Prieto , 2018).

4.1.4.1. Factor de Enriquecimiento (EF)

El EF de los metales es un indicador útil que refleja el estado y el grado de contaminación ambiental (Feng, Han, y Zhang, 2016).

Los cálculos de EF comparan cada valor con un nivel de referencia dado ya sea del sitio local o usando depósitos antiguos formados bajo condiciones similares pero sin

impacto antropogenico o de una composición promedio regional o global (Choi , Kim, y Chon, 2015).

$$EF = (Me/Fe) \text{ muestra} / (Me/Fe) \text{ muestra no contaminada}$$

Donde (Me/Fe) muestra es la relación n del arsénico a hierro en la muestra y (Me/Fe) muestra no contaminada es la relación de las concentraciones del elemento arsénico a hierro en un valor estándar. El hierro fue elegido como el elemento de referencia para normalizar las concentraciones de As en sedimentos y aliviar las variaciones producidas por sedimentos heterogéneos. Esto se debe a que el Fe es el elemento más abundante que ocurre de manera natural y es altamente refractario y generalmente los niveles de Fe no están influenciados por fuentes antropogenicas.

Según el valor obtenido en la relación se caracteriza el nivel de enriquecimiento en siete niveles propuestos como se muestra en la tabla.

Tabla 11

Tablas de niveles de enriquecimiento para índice EF

EF	NIVEL DE ENRIQUECIMIENTO
EF<1	No enriquecido
1 < EF<3	Pobre enriquecido
3 < EF< 5	Moderado

5 < EF < 10	Severamente moderado
10 < EF < 25	Severo
25 < EF < 50	Muy severo
EF > 50	Extremadamente severo

Nota: Esta tabla muestra los niveles de enriquecimiento (Delgadillo y Prieto , 2018)

4.1.4.2. Factor de Contaminación (CF)

El factor de contaminación (CF) es la razón obtenida dividiendo la concentración del elemento pesado (As) en el suelo por la concentración del mismo elemento pesado (As) en suelo agrícola no contaminado (nivel máximo permisible < 12 mg/kg).

El nivel de contaminación de sedimentos por metales pesados y (As) es expresado en términos de factor de contaminación (CF) se calculó como:

$$CF = \text{Me muestra} / \text{Me muestra no contaminada}$$

Donde (Me) muestra es la contaminación del metal en los suelos y (Me) muestra no contaminada es el valor standard del metal reportado en suelos no contaminados (Mohammad, Lutfar, y Islam, 2015).

Tabla 12

Tabla de niveles de contaminación para índice CF

CF	NIVEL DE CONTAMINACION
<1	Bajo
$1 \leq CF < 3$	Moderado
$3 \leq CF < 6$	Considerable
$CF \geq 6$	Muy Alto

Nota: Esta tabla muestra los niveles de contaminación. (Delgadillo y Prieto , 2018)

4.1.4.3. Índice de Geo acumulación (Igeo)

El Igeo evaluó el estado de contaminación ambiental de suelos o sedimentos en comparación con las concentraciones geoquímicas estándares y compara la concentración actual de metales pesados con el nivel preindustrial.

Los valores de Igeo para metales pesados (As) se calcularon usando la ecuación de Muller

$$\mathbf{Igeo} = \log_2 (\text{Me muestra} / 1,5 \text{ Bn})$$

Donde Me muestra es la concentración de metales examinados en muestras de suelo y Bn es el valor standard geoquímico del metal para el suelo no contaminado

El factor 1.5 se usa para compensar las posibles variaciones con respecto a las variaciones litológicas de fondo. Muller también propueso siete clases del índice del índice del Igeo- acumulación.

Tabla 13

Tabla de niveles de contaminación para índice Igeo

Igeo	NIVEL DE CONTAMINACION	
< 0	Clase I	No contaminado
0 - 1	Clase II	No contaminado a moderadamente contaminado
1 - 2	Clase III	Moderadamente contaminado
2 - 3	Clase IV	Moderadamente a muy contaminado
3 - 4	Clase V	fuertemente contaminado
4 - 5	Clase VI	Fuerte a extremadamente contaminado
> 5	Clase VII	Extremadamente contaminado

Nota: Esta tabla muestra los niveles de contaminación para Índice Igeo (Delgadillo y Prieto , 2018).

4.1.5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

El arsénico (As) se encuentra en cuerpos de agua mediante procesos de meteorización de rocas actividades, microbianas y en cenizas de erupciones volcánicas (Mondal y Majumder, 2017) el agua como objeto del presente estudio muestra contaminación natural siendo esta vertiente directamente de la reserva de los Ilinizas.

El arsénico (As) evaluado se presume que es inorgánico As (V) debido que este es preponderante en ambientes húmedos mientras que el ion arsénico (As (III) como

H₃AsO₃ y H₂ AsO₃) es más frecuente en ambientes anoxicos (Mondal y Majumder, 2016).

En la estrategia para la remoción de arsénico (As) con islas flotantes (IFA) se deberá utilizar un sistema basado en botellas que admitirán la flotabilidad tubos PVC que darán soporte para el medio de crecimiento de las plantas asegurando la durabilidad resistencia y eficiencia en el proceso de remediación ambiental. La flotabilidad podrá ser suministrada en las estructuras de las islas flotantes (IFA) por tubos PVC sellados, malla de plástico bambú y almohadillas de vinilo inflables (Stefani, Tocchetto, y Salvato, 2018).

Se deberá utilizar la fibra coco como medio de desarrollo o crecimiento del vetiver y como aislante entre el agua y la planta permitiendo, que las raíces se desarrollen y así puedan revolver fácilmente los metales pesados. La estructura interna puede ir constituida con fibras naturales como las de coco o caña de bambú (Stefani, Tocchetto, y Salvato, 2018) caña y paja de cebada o con polímeros sintéticos (Stewart , Mulholland, y Cunninham).

4.1.6. IMPACTOS

Ambientales

Es importante señalar que dentro de los impactos ambientales se ha orientado a dar una solución sostenible como un sistema de islas flotantes (IFA), para el tratamiento

de agua con la presencia de arsénico (As) mediante un sistema de fitorremediación que comparado con los actuales tratamientos de agua, un sistema de islas flotantes (IFA) en su evolución no perjudica ni causa contaminación alguna al ambiente ya que usa materiales reciclables salvaguardando los recursos naturales.

La ejecución de un sistema de islas flotantes (IFA) como tratamiento de aguas contaminadas con arsénico (As) y la utilización del vetiver (raíces para la remoción de arsénico) será esencial ya que posee características fundamentales como la aplicación a distintos tipos de climas su bajo requerimiento de nutrientes y principalmente al no ser invasora y no estar asociada a ninguna plaga hace que sea ecológicamente segura de esta manera no se originó ningún tipo de invasión y propagación de esta especie en la Reserva Ecológica Los Ilinizas, donde será implementado el sistema de islas flotantes (IFA) reduciendo el impacto ambiental a relación de otros tipos de remediación.

Socioeconómico

El mejoramiento en la localidad con el agua de riego es imprescindible ya que las personas podrán consumir y comercializar productos agrícolas de calidad sin el riesgo de contraer enfermedades por el consumo de alimentos con altas concentraciones económicas de las personas aumentaría ayudando a mejorar el estilo de vida de sus habitantes.

El tratamiento o rehabilitación de las aguas de las distintas de riego que se encuentran en la Quebrada de Rasuyacu y por ende los diversos sistemas de riego que circundan la parroquia de Toacaso del cantón Latacunga.

CAPITULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

5.1. Conclusiones

En los suelos agrícolas sedimentos y aguas de consumo de la parroquia de Toacaso existe la presencia de arsénico que superan los límites permisibles de 0.1 mg/l como lo señala en los Criterios de calidad de aguas para riego agrícola del Acuerdo Ministerial (2015) para su respectivo uso.

El arsénico total en las aguas para uso agrícola esta derivado directamente del páramo de los Ilinizas haciendo que exista una interacción de aguas meteóricas que se infiltran y se mezclan con las aguas subterráneas. Estas aguas luego emergen a la superficie en forma de manantiales.

El arsénico en los suelos de Toacaso procede de la desorción de óxidos e hidróxidos de Fe y de los procesos de meteorización de rocas volcánicas encontrados en la zona, las cuales tienen arsénico en su composición.

Tomando en cuenta la importancia del recurso suelo para las actividades de agricultura y ganadería y del recurso agua para consumo humano y del peligro potencial que puede ser el consumo de arsénico en la parroquia de Toacaso el presente estudio representa un aporte al conocimiento de los riesgos geoquímicos presentando una

estrategia para el uso de un sistema de islas flotantes con plantas de vetiver a su vez definir índices de cuantificación a la geoacumulación y la calidad ambiental de los suelos estimando el riesgo por el consumo de arsénico en el uso agrícola o humano por periodos prolongados.

Diseñar un sistema de Islas Flotantes (IFA) con la especie vetiver podrá resultar eficiente para la disminución de arsénico (As) en agua ya que las concentraciones de arsénico (As) se concentraran en las raíces de la planta y no se dispersaran a otras partes de la misma facilitando posteriormente su uso. Es importante señalar que en el proyecto de Quillan Grande del cantón Saquisilí se ha hecho ya, una prueba piloto utilizando este sistema de (IFA) sistema de islas flotantes y han logrado purificar estos metales hasta un 99%, también se ha realizado una evaluación de arsénico en un sistema de islas flotantes artificiales IFAV con la especie vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) en agua corriente del sistema central de riego Toacaso.

5.2. Recomendaciones

Informar y poner en conocimiento a los beneficiarios de los distintos sistemas de riego y a todos los habitantes de la parroquia Toacaso de los niveles de arsénico en el agua de uso agrícola y determinar las posibles opciones existentes para minimizar la exposición al arsénico en el sector o a su vez como sugerencia general cambiar la fuente de agua o captación que contenga menor contaminación o ya se un filtrado de agua.

En el sector de estudio se pudo observar varias vertientes (ojos de agua) las mismas que no cuentan con un control de laboratorio para determinar los niveles de metales o microorganismos existentes. Se recomienda realizar los análisis respectivos que debería conocer la comunidad para evitar su consumo si las concentraciones son excesivas y elevadas.

De acuerdo a los análisis del laboratorio y la evaluación de las mismas con sus porcentajes de arsénico es pertinente e indispensable la implementación de un sistema Islas flotantes (IFA) con la especie Vetiver para optimizar la calidad de agua de los reservorios o estanques con problemas de contaminación por metales pesados ya señalados en distintos sistemas de riego que circundan la parroquia Toacaso del cantón Latacunga.

Es recomendable que para evaluar un sistema de islas flotantes (IFA) para la remoción de arsénico se deba continuar con el funcionamiento del sistema por lo menos un año para lograr resultados íntegros ya que la remediación aumenta según el incremento de la concentración y los días de exposición del sistema.

Es recomendable realizar muestreos de agua con mayor frecuencia y de acuerdo a los protocolos determinados para conseguir mayor precisión en la valoración de resultados.

Desarrollar sistemas de eliminación de arsénico en agua para una mayor eficiencia de eliminación se deben realizar más estudios para aclarar los principales factores que influyen en la eliminación de arsénico de agua para uso agrícola y consumo humano a la par.

Instalar sistemas de eliminación de arsénico ya sea de manera centralizado o a nivel doméstico y asegurar que el arsénico eliminado se someta a un tratamiento de residuos adecuado. Entre las tecnologías que permiten eliminar el arsénico destacan la oxidación la coagulación- precipitación la absorción el intercambio de iones y diversas técnicas de membranas.

5.3. Bibliografía

- ACUERDO MINISTERIAL. (2015). *Reforma del Libro VI del texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*. Criterios de aguas de uso agrícola o de riego.
- AGROCALIDAD. (2018). *Muestreo para análisis del suelo*.
https://www.agrocalidad.gob.ec/wp-content/uploads/2020/09/Registro_Sistema_Guia.pdf.
- Alegre, J. (2017). MANUAL SOBRE EL USO Y MANEJO DEL PASTO VETIVER.
http://www.vetiver.org/TVN_manualvetiver_spanish-o.pdf.
- Bochardt, & Walton. (2017). *Análisis físico-químico del agua*.
- Braun, J. (1983). *Evaluación de la Calidad del agua*. En *manual del curso Internacional Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas en el XXI V 2*, Pp. 120-16.
- Carabantes, & Fernicola. (2016). Arsenico en el agua de bebida Un problema de salud publica. *Revista Brasileira de Ciencias Farmaceuticas*.
- Carvajal, A., & Lazo, E. (2017). *Uso de Islas Flotantes para la depuración de aguas residuales*. Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/101605/D-CD102666.pdf>
- Choi, K., Kim, S., & Chon, H. (2015). *Distributions of heavy metals in the sediments of South Korean harbors*. *Environ. Geochem. Health*.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21826508/>.
- Cumbal, H., & Bundschuh, J. (2016). *Natural Arsenic in Groundwaters of Latin America*

- Delgadillo, A., & Prieto, F. (2018). *Fitorremediación una alternativa para eliminar la contaminación*.
- EL TELEGRAFO. (2017). *El estero Palanqueado renace entre 40 islas flotantes en el sector Cisne II*. Obtenido de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/el-estero-palanqueado-renace-entre-40-islas-flotantes-en-el-sector-cisne-ii>
- EL UNIVERSO. (2017). Achira, pasto, cana y lirios para desconaminar el agua. págs. <https://www.eluniverso.com/vida/2017/12/03/nota/6508129/achira-pasto-cana-lirios-descontaminar-agua/>.
- Feng, H., Han, X., & Zhang, W. (2016). *A preliminary study of heavy metal contamination in Yangtze River intertidal zone due to urbanization*. *Mar. Pollut. Bull.* <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15556175/>.
- Galindo, G., Fernandez, J., Parada, M., & Torrente, D. (2016). *Arsenico en Aguas*. Obtenido de Argentina: https://digotal.csic.es/bitstream/10261/4019/1/Galindo_et_al-Arsenico-2005.pdf
- Garcia, A. (2015). *Sistematización de experiencias del Grupo pro agua sin arsénico en la problemática de contaminación de agua por arsénico en la parroquia de Tumbaco Quito*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3365/1/QT03080.pdf.pdf>
- International Agency for Research. (2016). Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene: this publication represents the views and expert opinions of an IARC working Group on the Evaluation of Carcinogenic

- Risks to Humans, which met in Lyon. <https://monographs.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/06/mono82.pdf>.
- Lu, H.-L., Ku, C.-R., & Chang, Y.-H. (2015). *Water quality improvement with artificial floating islands. Ecological Engineering*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.013>
- Martelo, J., & Jaime, L. (2015). *Macrofibras flotantes en el tratamiento de aguas residuales una revision del estado del arte Ingenieria y ciencia*. <file:///G:/TITULACION/C3%93N%20I/946-Article%20Text-2915-1-10-20120615.pdf>.
- Martinez, L., & Lopez, C. (2018). *Islas flotantes como estrategia para el establecimiento de plantas acuaticas en el Jardin Botanico de Bogota*. <https://doi.org/10.1007/s1104-005-2379-0>.
- Mickovski, S., & Lopez, C. (2014). Uprooting of Vetiver Uprooting Resitance of Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides*). pág. <https://www.jstor.org/stable/24125299>.
- Mohammad, A., Lutfar, P., & Islam, M. (2015). *Heavy metal pollution of coal mine-affected agricultural agricultural soils in the northern part of Bangladesh JOURNAL of Hazardous Materials*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19744789/>.
- Mondal , P., & Majumder, C. (2017). Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water. Recent developments Journal of Hazardous Materials: https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Laboratory+based+approaches+for+arsenic+remediation+from+contaminated+water.+Recent+developments+Journal+of+Hazardous+Materials&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart.

- Mondal, P., & Majumder, C. (2016). Laboratory based approaches for arsenic remediation from contaminated water Recent developments: *Journal of Hazardous Materials* 137.
- Muñoz, A., & Santoyo, G. (2016). *Efecto de rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal sobre el crecimiento del vetiver (chrysopogon zizanioides) bajo condiciones de invernadero GEOMINAS*. Obtenido de <https://go.gale.com/ps/i.do?p=AONE&u=googlescholar&id=GALE|A494694947&v=2.1&it=r&sid=AONE&asid=15b485b7>
- Ning , D., Huang, Y., & Pan, R. (2016). *Effect of ecoremediation using planted floating bed system on nutrients and heavy metals in urban river water and sediment*. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24747251/>.
- Ortiz, B., Matinez, A., & Rosa, J. (2016). *Impacto de la disposicion final de desperdicios solidos: calidad del agua*.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial , T. (2020). *PDYOT*. https://toacaso.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2021/02/PDOT_TOACASO_2020.pdf.
- Ramirez, N. (2016). *Manejo de Cuencas Hidrograficas y Recursos Forestales*.
- Ringallinella, A. (2016). *Remocion de Arsenico y fluor en aguas subterranas por procesos de coagulacion adsorcion doble filtracion V Congreso Iberoamericano de Fisica y Quimica Ambiental*. Bogota: Platinum.
- Romero, J. (2002). *Purificacion del Agua* . Colombia: Escuela Colombia de Ingenieria.
- Santana, V., & Santos, J. (2016). *EFICIENCIA DEL PASTO VETIVER (Chrysopogon zizanioids) ex- situ EN LA REMOCION DE CONTAMINANTES ORGANICOS*

CASO DE ESTUDIO RIO MUERTO CANTON MANTA.

<https://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/281>.

- Secretaria del Agua. (2016). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua*. Quito.
- Sorlini, S., & Collivignarell, A. (2017). *Arsenic in water for human consumption technical solutions for arsenic removal from drinking water*. Colombiana.
- Soto, J. (2016). *Estudio de aplicabilidad de humedales artificiales para la mejora la calidad de las aguas en los meandros abandonados del rio Segura*. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70818/01_Estudio%20de%20aplicabilidad%20de%20humedales%20artificiales%20para%20la%20mejora%20de%20la%20calidad%20de%20las%20aguas%20en%20los%20meandros%20abandonados%20del%20r%C3%ADo%20Segura.pdf?sequence=1&isA
- Stefani, G., Tocchetto, D., & Salvato, M. (2018). *Performance of a floating treatment wetland for in stream water amelioration in NE Italy*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-011-0730-4>.
- Stewart , F., Mulholland, T., & Cunninham, A. (s.f.). *Floating island as an alternative to constructed wetland for treatment of excess nutrients from agricultural and municipal wastes- results of laboratory- scale test*. 2015: <https://scholarworks.montana.edu/xmlui/handle/1/131>.
- Truong , P., Foong, K., & Guthrie, M. (2016). *Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils and Water Using Vetiver Grass, Environmental Bioengineering*. <https://scholar.google.com.ec/scholar?q=Phytoremediation+of+Heavy+Metal+C>

ontaminated+Soils+and+Water+Using+Vetiver+Grass,+Environmental+Bioengi
neering&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart.

Yeh, N., Yeh, P., & Chang, Y.-H. (2015). *Artificial floating islands for environmental uptake of plants cultivated on artificial floating beds in China's rural area.*
<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.03.010>.

5.4. Anexos



Quebrada de Tiliche captación reservorio



Vertiente de la reserva los Illinizas para toma de muestras



Reservorio existente donde se podrá implementar las islas flotantes (IFA)





Vertiente de la Reserva Ecológica los Illinizas con alto índice de arsénico (As)



Toma de muestras de agua



Toma de muestras de agua



Recolección de muestras de agua





Recolección de muestras de agua



Recolección de muestras de agua