



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título

**“ELABORACIÓN DE GRÁFICAS DE PREDICCIÓN PARA LA RETENCIÓN DE
ARSÉNICO EN EL SUELO DEL LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA
PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 20-21”**

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

Autoras

Codutti Ushiña Eveling Paulina
Toapanta Macas Analhia Betzabeth

Tutor

Ágreda Oña José Luis. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Codutti Ushiña Eveling Paulina, con cédula de ciudadanía No. 1805419338; y, Toapanta Macas Analhia Betzabeth, con cédula de ciudadanía No. 1723281117; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Elaboración de Graficas de Predicción para la Retención de Arsénico en el suelo de la Reserva Ecológica los Illinizas en la Provincia de Cotopaxi durante del periodo 2020- 2021”, siendo el Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 08 marzo ,del 2021



Eveling Paulina Codutti Ushiña
Estudiante
CC: 1805419338



Analhia Betzabeth Toapanta Macas
Estudiante
CC: 1723281117



Firmado electrónicamente por:
**JOSE LUIS
AGREDA ONA**

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

DOCENTE TUTOR

CC: 0401332101

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **CODUTTI USHIÑA EVELING PAULINA**, identificada con cédula de ciudadanía **1805419338** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes: **ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **proyecto de investigación**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico. - Inicio de la carrera: abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Elaboración de Graficas de Predicción para la Retención de Arsénico en el suelo de la Reserva Ecológica los Ilinizas en la Provincia de Cotopaxi durante del periodo 2020- 2021”

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

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

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

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

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

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

CLÁUSULA SÉPTIMA.- CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.- Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma

exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 8 días del mes de marzo del 2021.



Eveling Paulina Codutti Ushiña
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **TOAPANTA MACAS ANALHIA BETZABETH**, identificada con cédula de ciudadanía **1723281117** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes: **ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Elaboración de gráficas de predicción para la retención de arsénico en el suelo de la Reserva Ecológica Los Illinizas en la provincia de Cotopaxi durante el periodo 20-21”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico.- Inicio de la carrera: Abril 2016 - Agosto 2016 – Finalización: Octubre 2020 - Marzo 2021

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Elaboración de gráficas de predicción para la retención de arsénico en el suelo de la Reserva Ecológica Los Illinizas en la provincia de Cotopaxi durante el periodo 20-21”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 08 días del mes de marzo del 2021.



Analhia Betzabeth Topanta Macas
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano
Umajinga
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ELABORACIÓN DE GRAFICAS DE PREDICCIÓN PARA LAS RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN EL SUELO DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE DEL PERIODO 2020- 2021.”, de Codutti

Ushiña Eveling Paulina y Toapanta Macas Analhia Betzabeth, de la carrera de Ingeniería En Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también hemos incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 08 marzo, del 2021



Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

DOCENTE TUTOR

CC: 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Codutti Ushiña Eveling Paulina y Toapanta Macas Anahia Betzabeth, con el título de Proyecto de Investigación: **“ELABORACIÓN DE GRAFICAS DE PREDICCIÓN PARA LAS RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN EL SUELO DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE DEL PERIODO 2020-2021.”**, hemos considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 08 marzo, del 2021



Lector 1 (Presidente)

Ing. Ph.D. Vicente Córdova Yanchapanta

CC: 18016344922



Lector 2

Prof. MSc. Joseline Luisa Ruiz Depablos

CC: 1758739062



Lector 3

Lcda. MSc. Kalina Fonseca Largo

CC: 1723534457

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestro padre Dios por habernos acompañado y guiado a lo largo de nuestra carrera, por ser nuestra fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencia y sobre todo felicidad.

Eveling: A mi madre Carmen, quien ha sido mi pilar fundamental, mi todo y por quien lucharé siempre, gracias por su apoyo incondicional a mi hermana Liliana, por brindarme su apoyo por ayudarme a cumplir mis sueños, por ser mi ejemplo a seguir y demostrarme que con perseverancia y esfuerzo todo es posible.

Analía: A mis padres Idanea y Wilson, quienes han sido mi pilar fundamental y mi apoyo, a mi hermana Melanie por siempre apoyarme y aconsejarme, a mi hijo William por ser el motor principal para superarme día a día y cumplir mis metas, para ser un ejemplo para él, demostrando que con perseverancia y esfuerzo todo es posible.

Eveling y Analhia

DEDICATORIA

En este largo caminar hemos tenido tropiezos, pero como mujeres aguerridas nos hemos levantado y demostrado que somos capaces de alcanzar todo lo que nos proponemos.

En primer lugar, agradecemos a nuestro padre Dios porque nos puso cada pieza en su lugar a su debido tiempo y también porque conocimos amistades valiosas, una de ellas mi amiga con quien comparto este trabajo de tesis, a nuestros padres y familia por su apoyo y amor incondicional, sin ese esfuerzo, no hubiera sido posible esto. Gracias también a nuestros maestros que nos han transmitido sus conocimientos y por guiarnos a cumplir satisfactoria con una de tantas metas que vendrá.

Eveling y Analhia

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: ELABORACIÓN DE GRÁFICAS DE PREDICCIÓN PARA LA RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN EL SUELO DEL LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 20-21.

Autoras

Codutti Ushiña Eveling Paulina

Toapanta Macas Anahia Betzabeth

RESUMEN

La presencia de arsénico en los suelos es un riesgo para ecosistemas y la salud humana, a pesar que su existencia puede ser natural o antropogénica, al generar un modelo de predicción de retención de Arsénico en la Reserva Ecológica Los Ilinizas se puede determinar los efectos al ambiente.

El área de estudio y muestreo está ubicada en el Iliniza sur a la altura de las termas de Cunugyacu parroquia San Juan de Pastocalle, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi. Tiene como objetivo generar gráficas de predicción para retención de Arsénico en los diferentes puntos de muestreo del área de estudio de la Reserva Ecológica Los Ilinizas por medio de gráficas comparativas.

Se realizó muestreo compuesto del suelo en forma de cuadrícula cada 100m obteniendo 22 muestras, teniendo en cuenta presencia de factores naturales asociados con actividad volcánica de la zona. Los análisis de laboratorio se realizaron en las instalaciones de la universidad usando el test de colorímetro para arsénico, empleando una solución de 500 ug As/ L, 1 g de muestra de suelo y diferentes periodos de agitación de 30 min a 48 h, con el fin de graficar el comportamiento de retención de arsénico al actuar conjuntamente solución +suelo.

Al analizar experimentalmente cada muestra y usando gráficas de comparación, se generó un modelo predictivo que arroja retención de arsénico de un 10% a 35% en menor tiempo de agitación (30min a 8 horas) y de 42% a 53% de retención de arsénico en horas mayores (12 a 48 horas)

Palabras clave: Arsénico, desorción, adsorción, predicción, suelos, retención.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES
TITLE: “DEVELOPMENT OF PREDICTION GRAPHS FOR ARSENIC RETENTION IN
THE SOIL OF THE LOS ILINIZAS ECOLOGICAL RESERVE IN THE PROVINCE OF
COTOPAXI DURING THE 20-21 PERIOD”

Authors

Codutti Ushiña Eveling Paulina
Toapanta Macas Analhia Betzabeth

ABSTRACT

The presence of arsenic in soil is a risk to ecosystems and human health, although its presence can be natural or anthropogenic, by generating a predictive model of arsenic retention in the Los Ilinizas Ecological Reserve it is possible to determine the effects on the environment.

The study and sampling area is located in the Iliniza, south of the hot springs of Cunugyacu parish of San Juan of Pastocalle, county Latacunga, province of Cotopaxi.

Its objective is to generate a predictive graphs for arsenic retention in the different sampling points of the Los Ilinizas Ecological Reserve study area by means of comparative graphs.

Composite soil sampling was carried out in a grid every 100m, obtaining 22 samples, taking into account the presence of natural factors associated with volcanic activity in the area.

Laboratory analyses were performed at the university facilities using the colorimeter test for arsenic, using a solution of 500 ug As/ L, 1 g soil sample, and different agitation periods from 30 minutes to 48 hours, in order to plot the arsenic retention behavior when acting together solution+soil.

By experimentally analyzing each sample and using comparison graphs, a predictive model was generated that yields arsenic retention of 10% to 35% in less agitation time (30 minutes to 8 hours) and 42% to 53% arsenic retention in longer hours (12 to 48 hours).

Key words: Arsenic, desorption, adsorption, prediction, soils, retention.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA.....	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xiii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ACRÓNIMOS	xvii
INFORMACIÓN GENERAL	1
1. INTRODUCCIÓN	2
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	4
4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
5. OBJETIVOS.....	5
5.1. <i>Objetivo General</i>	5
5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	6
6. Actividades Y Sistemas De Tareas En Relación A Los Objetivos Planteados	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1. <i>Concepto de Suelo</i>	7
7.2. <i>Características del Suelo</i>	8
7.3. <i>Estructura del Suelo</i>	8
7.4. <i>Composición del Suelo</i>	9
7.5. <i>Propiedades Físicas</i>	9
7.6. <i>Propiedades Químicas</i>	11
7.7. <i>Suelos del Páramo</i>	14
7.8. <i>Humedad</i>	15
7.9. <i>Concepto de Arsénico</i>	15

7.10.	<i>Reserva Ecológica Los Ilinizas</i>	17
7.11.	<i>Composición Química del Arsénico</i>	17
7.12.	<i>Contaminación de Suelo por Metales Pesados</i>	19
7.13.	<i>Contaminación de los Suelos por Arsénico</i>	20
7.14.	<i>Adsorción del Arsénico</i>	21
7.15.	<i>Desorción</i>	22
7.16.	<i>Muestreo y Análisis de Suelo</i>	22
8.	METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)	24
8.1.	<i>Tipos de Investigación</i>	24
8.2.	<i>Métodos</i>	25
8.3.	<i>Técnicas</i>	26
8.4.	<i>Instrumentos</i>	26
8.5.	<i>Área de estudio</i>	27
8.6.	<i>Metodología para el Muestreo de Suelo</i>	27
8.7.	<i>Diseño no Experimental</i>	30
9.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
9.1.	<i>Área de Estudio</i>	36
9.2.	<i>Valores de Desorción y Caracterización del Adsorbente</i>	38
9.3.	<i>Graficas Comparativas y Predictivas</i>	39
9.4.	<i>Discusión de Resultados</i>	65
10.	IMPACTOS	67
10.1.	<i>Ambientales</i>	67
10.2.	<i>Sociales</i>	67
11.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	68
12.	CONCLUSIONES	69
13.	RECOMENDACIONES	70
14.	BIBLIOGRAFÍA	71
	ANEXOS	74
	ANEXO 1: Datos Auxiliares	74
	ANEXO 2: Fotografía del camino de ingreso al Illiniza sur.	76
	ANEXO 3: Ingreso por senderos al Illiniza sur.....	77
	ANEXO 4: Recolección de muestras de los suelos de la reserva.....	78
	ANEXO 5: Equipo de trabajo.....	79
	ANEXO 6: Contaminación de muestra-arsénico y análisis de adsorción y desorción. ..	80

ANEXO 7: Análisis de adsorción y desorción de arsénico	81
ANEXO 8: Aval de traducción.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios de proyecto	4
Tabla 2 Actividades de los objetivos	6
Tabla 3 Propiedades del As	16
Tabla 4 Minerales que contiene arsénico en la naturaleza	18
Tabla 5 Criterios de calidad de suelo.....	23
Tabla 6 Instrumentos	26
Tabla 7 Coordenadas del área muestreada de suelos.....	29
Tabla 8 Caracterización de Adsorbente.....	38
Tabla 9 Altitud 4064 a 4100msnm	62
Tabla 10 Altitud 4119-4141msnm.....	63
Tabla 11 Altitud 4159-4205 msnm.....	64
Tabla 12 Presupuesto para la elaboración del proyecto	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Sistema de rejilla de 100 m	28
Figura 2 Ubicación del Área de Muestreo	29
Figura 3 Preparación de la CO de As.....	31
Figura 4 Agitación del suelo con la solución de As.....	32
Figura 5 Medición del As	32
Figura 6 Proceso de desorción.....	33
Figura 7 Medición de la concentración de As	33
Figura 8 Test de As	34
Figura 9 Ubicación del área de investigación.....	36
Figura 10 Ubicación de la Reserva Ecológica Ilinizas	36
Figura 11 Mapa de perfiles de altura	37
Figura 12 Mapa de microcuencas del área de estudio	37
Figura 13 Mapa de valores de adsorción y desorción	38
Figura 14 Desorción Muestra 1	39

Figura 15 Desorción Muestra 2	40
Figura 16 Desorción Muestra 3	41
Figura 17 Desorción Muestra 4	42
Figura 18 Desorción Muestra 5	43
Figura 19 Desorción Muestra 6	44
Figura 20 Desorción Muestra 7	45
Figura 21 Desorción Muestra 8	46
Figura 22 Desorción Muestra 9	47
Figura 23 Desorción Muestra 10	48
Figura 24 Desorción Muestra 11	49
Figura 25 Desorción Muestra 12	50
Figura 26 Desorción Muestra 13	51
Figura 27 Desorción Muestra 14	52
Figura 28 Desorción Muestra 15	53
Figura 29 Desorción Muestra 16	54
Figura 30 Desorción Muestra 17	55
Figura 31 Desorción Muestra 18	56
Figura 32 Desorción Muestra 19	57
Figura 33 Desorción Muestra 20	58
Figura 34 Desorción Muestra 21	59
Figura 35 Desorción Muestra 22	60
Figura 36 Grafica de retención de As	61
Figura 37 Grafica predictiva piso altitudinal 4064 a4100msnm	62
Figura 38 Grafica predictiva piso altitudinal 4119 a 4141msnm	63
Figura 39 Grafica predictiva piso altitudinal 4159 a 4205msnm	64

ACRÓNIMOS

MOS: Materia orgánica del suelo

AS: Arsénico

REI: Reserva Ecológica los Illinizas

CO: Concentración Inicial

P: Fósforo

Al: Aluminio

Mn: Manganeseo

INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

ELABORACIÓN DE GRÁFICAS DE PREDICCIÓN PARA LA RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN EL SUELO DEL LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 20-21.

Fecha de inicio: octubre 2020

Fecha de finalización: marzo 2021

Lugar de Ejecución:

Parroquia San Juan de Pastocalle

Cantón Latacunga

Provincia de Cotopaxi

Zona 3 Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que Auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que Auspicia: Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente

Proyecto de Investigación Vinculado: Manejo y Conservación del Recurso Suelo

Equipo de Trabajo:

Nombres del equipo de investigadores: Eveling Paulina Codutti Ushiña

Anahia Betzabeth Toapanta Macas

Tutor de Titulación: Mg. José Luis Agreda Oña

Lector 1: Dr. Vicente Córdova

Lector 2: Prof. MSc. Ruiz Depablos Joseline Luisa

Lector 3: Lcda. MSc. Kalina Marcela Fonseca Largo

Área de Conocimiento

Recursos Naturales y Ciencias de la Tierra

Línea de investigación

Análisis y Conservación y Aprovechamiento de la Diversidad Local.

Sub líneas de Investigación de la Carrera:

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

- Manejo y conservación del recurso suelo

Línea de Vinculación: Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la Biodiversidad Local. Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el Desarrollo Humano y Social.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la comunidad educativa y científica se ha visto interesada y preocupada debido a la contaminación de suelos por arsénico ya que es uno de los metales más tóxicos presentes en el medio ambiente y a causa de esto existe degradación de la fertilidad de los suelos, cambios en su estructura, alteración en el equilibrio de los ecosistemas que en los Ilinizas son diversos e importantes, contaminación de aguas subterráneas y con esto contaminación de cultivos que son grandes amenazas para todo tipo de ser vivo que los consuma.

La reserva ecológica los Ilinizas forma parte importante del Ecuador; al ser una de las más grandes y biodiversas del país, la conservación, manejo y estudios del recurso suelo son bases trascendentales para el desarrollo y preservación de estas áreas, debido a la ubicación de estos suelos y presencia volcánica el arsénico se encuentra de forma natural, pero, el crecimiento poblacional y junto a ella el sobrepaso de la frontera agrícola han hecho que el arsénico se presente de forma antropogénica.

La presencia de este elemento no siempre es sinónimo de contaminación antropogénica; sin embargo, su cuantificación es fundamental, pues si bien puede existir de forma natural, excesos en su concentración tienen efectos nocivos para la salud humana y ambiental (Coral, Carrillo, & Oviedo., 2019).

El arsénico es un elemento natural y cancerígeno, se ha convertido en un problema emergente debido a sus altas concentraciones alrededor del mundo, ocupa el vigésimo lugar en abundancia en la corteza terrestre, las fuentes de As se separan principalmente en dos categorías principales: Naturales como la meteorización de la roca, la actividad volcánica, meteorización de la roca, minerales y óxidos; y antropogénicas como desechos de residuos mineros, vertederos, descargas de aguas residuales y actividades agrícolas ocupan casi el 60% de la contaminación de As en los últimos tiempos. El arsénico está generalizado en la naturaleza y se encuentra concentraciones detectables en todos los suelos y casi en todos los demás medios ambientales (Jiménez, 2018).

Al aplicar una solución de arsénico en las muestras tomadas de suelo se producen diferentes reacciones de esta forma determinamos la capacidad de adsorción y desorción

de arsénico en un suelo, además de la cantidad y velocidad todo con relación a propiedades químicas y físicas del mismo e incluso condiciones climáticas.

2. JUSTIFICACIÓN

En la actualidad el arsénico es considerado como un elemento prioritario entre los principales contaminantes hacia el medio ambiente a escala global, la presencia del As se encuentra en elevadas concentraciones en el agua, el suelo y en los cultivos en muchas regiones del mundo, la presencia del mismo se ha venido convirtiendo en una amenaza para el hombre y para el medio ambiente. El contenido de arsénico es muy variable, aunque las mayores concentraciones se han encontrado en aguas subterráneas. La adsorción del arsénico en las superficies de suelos y sedimentos es un proceso muy importante, que afecta su movilidad. Los grupos hidroxilo de la superficie de algunos minerales son los sitios de adsorción más abundantes y reactivos, particularmente en los óxidos e hidróxidos de hierro, aluminio y magnesio que tienen una fuerte afinidad por el arsénico.

Los resultados de esto servirán para poder diseñar procesos de tratamiento o remediación de suelos que han sido contaminados con arsénico, he incluso a dar tratamiento a las aguas contaminadas con arsénico, sin afectar a la flora, fauna y poblaciones aledañas. Y así poder frenar en gran parte la contaminación de zonas con dicha problemática beneficiando así a futuras investigaciones.

Generar un impacto positivo hacia los diferentes sectores de la comunidad especialmente el educativo e investigativo es una de las bases principales del proyecto, ya que es el inicio para el desarrollo de indagaciones en esta área tan importante como lo es la reserva ecológica los Ilinizas y los suelos de la misma.

La elaboración de un modelo predictivo de retención de arsénico de esta zona es de vital importancia ya que contribuye al conocimiento de la capacidad de desorción del suelo, las causas de la presencia de este contaminante, también cómo influye el mismo en diferentes factores de su entorno, incluso como este al contacto con soluciones químicas del suelo puede movilizarse por diferentes mecanismos los cuales pueden ser biológicos y químicos.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1

Beneficiarios de proyecto

Directos	Indirectos
Estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Universidad Técnica Cotopaxi.	Reserva ecológica Los Ilinizas de la Provincia de Cotopaxi .Parroquia Pastocalle
Población masculina: 203	Población masculina: 6279
Población Femenina: 325	Población Femenina: 5170
Total: 528	Total: 11449

Elaborado por: Eveling Codutti y Analhia Toapanta

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema de la presente investigación es la falta de información sobre la distribución del arsénico en la Reserva Ecológica los Ilinizas, ubicada en la provincia de Cotopaxi. Dicha reserva cuenta con un suelo que contiene arsénico, el mismo que es penetrado en el aire, agua y suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación por arsénico está muy extendida, esto debido a su fácil dispersión, este no es volátil y no suele formar compuestos solubles, por lo que generalmente se encuentra en concentraciones muy pequeñas en el suelo, sin causar impactos.

El arsénico (As) es considerado como uno de los metaloides más tóxicos que está presente en el medio ambiente. La movilización del arsénico se da en forma de arsenitos o arseniatos en función de las condiciones del medio, la concentración de estos oxoaniones en el agua está regulada por los procesos de adsorción. Estos fenómenos de adsorción dependen del estado de oxidación del arsénico, de su concentración, del pH y de la competencia con otros aniones presentes, como el fosfato.

La especiación de éste depende de diversos factores químicos, físicos y biológicos, es de fácil movilización en el ambiente y las altas concentraciones de arsénico

en agua y suelo se han convertido en un problema global debido a que la exposición a dosis elevadas de compuestos de arsénico inorgánico puede producir síntomas de conjuntivitis, bronquitis y disnea, seguidos por molestias gastrointestinales y vómitos, posteriormente síntomas cardíacos y shock irreversible (Pérez, 2015).

La desorción es un fenómeno por el cual una sustancia se libera desde o a través de una superficie. El proceso es el opuesto a la sorción (es decir, adsorción o absorción). Esto ocurre en un sistema que se encuentra en el estado de equilibrio de sorción entre la fase global (fluido, es decir, solución gaseosa o líquida) y una superficie de adsorción (sólido o límite que separa dos fluidos). Cuando se reduce la concentración (o presión) de la sustancia en la fase global, parte de la sustancia absorbida cambia al estado global.

La retención es uno de los primeros fenómenos a los que son sometido los contaminantes a su llegada a los suelos y tiene una influencia importante sobre su destino y de otros compuestos orgánicos, en particular sobre su movilidad y biodisponibilidad en los suelos. Por ello, la desorción de los contaminantes en los suelos es dependiente de las propiedades físico-químicas de las moléculas y de las características del suelo, en especial, de sus diferentes constituyentes.

Por consiguiente, el mecanismo de desorción determinara la distribución del As en el suelo la REI y su capacidad de retención de este metaloide, evitando que este se movilice transfiriéndose a las aguas subterráneas, que al acumularse pueda producir concentraciones fitotóxicas, siendo un riesgo para nuestra cadena trófica. Donde el suelo de la REI, podría ser considerado como un potencial adsorbente eficiente y económico para la eliminación del metaloide de aguas subterráneas.

5. OBJETIVOS

5.1. *Objetivo General*

Generar graficas de predicción para la retención de Arsénico para el suelo de la Reserva Ecológica Los Ilinizas.

5.2. *Objetivos Específicos*

- Determinar el área de influencia de estudio de desorción de la Reserva Ecológica Los Ilinizas.
- Registrar los valores de desorción de arsénico en el suelo del área de estudio de la Reserva Ecológica Los Ilinizas.
- Determinar gráficas de predicción para la retención de arsénico de la Reserva Ecológica Los Ilinizas.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2

Actividades de los objetivos

OBJETIVOS	ACTIVIDAD	RESULTADOS DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD. (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)
O.1.- Determinar el área de influencia de estudio de desorción de la reserva ecológica los Ilinizas	Definir el límite de la Reserva ecológica los Ilinizas	Área de influencia	Determinación de las coordenadas (Utilización del GPS, pala ,metro ,balanza)
	Levantar mapas de curvas de nivel	Los mapas	Determinación de las coordenadas (Utilización del GPS, pala ,metro ,balanza)
	Elaborar un Modelo Digital del terreno	Perfiles de altura, cuencas, fuentes de agua	Determinación de las coordenadas (Utilización del GPS, pala ,metro ,balanza)
O.2.- Registrar los valores de desorción de As en el suelo del área de estudio de la reserva ecológica los Ilinizas	Realizar un modelo de muestreo	Valores de adsorción y desorción.	Método del colorimétrico, Test de As. (utilización de la centrifuga, tubos Fisher y test de As,)
	Contaminación controlada-desorción, a las 22 muestras con la solución de AS 250ml en un 1g de suelo	Concentraciones de As en diferentes tiempos de agitación.	Utilización del programa estadístico (EXCEL) Utilización del programa estadístico (EXCEL)

O.3.- Determinar gráficas de predicción para la retención de As. De la de la reserva ecológica los ilinizas.	Desorción controlada- Preparar la solución de As para la contaminación del suelo	1000 ml de solución inicial As.	
	Analizar las gráficas de adsorción y desorción	Gráfica de promedios generales.	Utilización del programa estadístico (EXCEL)
	Analizar las gráficas predictivas de desorción.	Gráficas Comparativas. 22 puntos de muestreo identificados en el área de estudio.	Análisis e interpretación de resultados. Utilización del programa estadístico (EXCEL)
	Dar a conocer a conocer los datos de desorción y sus efectos en el suelo.	Cuadros estadísticos	Utilización del programa estadístico (EXCEL)
	Validación de los resultados		

Elaborado por: Eveling Codutti y Analhia Toapanta

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. *Concepto de Suelo*

El suelo es la capa superior de tierra compuesta de sólidos, líquidos y gases en donde se desarrollarán las raíces de las plantas, al tomar de ahí los nutrientes necesarios para crecer. Un suelo ideal tiene una distribución pareja de organismos sólidos, como minerales y materia orgánica, y poros para la circulación de agua y aire (Silva y Correa, 2009).

El suelo, está compuesto por minerales, materia orgánica, diminutos organismos vegetales y animales, aire y agua. Es una capa delgada que se ha formado muy lentamente, a través de los siglos, con la desintegración de las rocas superficiales por la acción del agua, los cambios de temperatura y el viento. Las plantas y animales que crecen y mueren dentro y sobre el suelo son descompuestos por los microorganismos, transformados en materia orgánica y mezclados con el suelo (Semenis, 2016).

7.2. *Características del Suelo*

Dentro de las propiedades y características del suelo son enormemente variadas, de acuerdo al tipo de suelo y a la historia particular de la región donde se encuentra. Pero a grandes rasgos podemos identificar las siguientes características:

Variabilidad. Presentan por lo general componentes poco homogéneos en su tamaño y constitución, por lo que, a pesar de mostrarse como una mezcla homogénea, en realidad poseen rocas y elementos de diverso tamaño y diversa naturaleza.

Fertilidad. Existe una posibilidad que los suelos de albergar nutrientes derivados del nitrógeno, azufre y otros elementos de importancia para la vida vegetal, es la fertilidad y está relacionada con la presencia de agua y materia orgánica, y con la porosidad del suelo.

Mutabilidad. Si bien los procesos de cambio del suelo son a largo plazo y no podemos constatarlos de manera directa, es verdad que se encuentran en constante mutación física y química.

Solidez. Poseen distintas propiedades físicas, entre ellas la solidez y la textura: existen algunos más compactos y rígidos, otros más maleables y blandos, dependiendo de su historia geológica particular.

7.3. *Estructura del Suelo*

Calvache (2009), estableció que la forma en la cual las partículas primarias que conforman el suelo (arena, limo y arcilla) se asocian entre sí, formando agregados o terrones (minerales, materia orgánica y poros) creando así la estructura del suelo. Las estructuras granular, prismática y de bloques son las más favorables para las plantas. Al realizar labores agrícolas en exceso: araduras, rastreos, y en condiciones húmedas, disminución de la materia orgánica, impacto de la gota de lluvia, compactación por maquinaria y pastoreo; la estructura se deteriora rápidamente. Se reduce la aireación, se dificulta la infiltración y percolación del agua en los suelos.

7.4. Composición del Suelo

La composición del suelo dentro su agregado posee ingredientes sólidos, líquidos y gaseosos, por ello el esqueleto mineral del suelo está principalmente compuesto por rocas, silicatos (micas, cuarzos, feldspatos), óxidos de hierro (limonita, goetita) y de aluminio (gibbsita, boehmita), carbonatos (calcita, dolomita), sulfatos (aljez), cloruros, nitratos y sólidos de origen orgánico u orgánico-mineral, como los distintos tipos de humus.

Líquidos. Esto se debe a la cantidad de agua que abunda en el suelo, pero no siempre en estado puro, sino cargada de iones y sales y diversas sustancias orgánicas. El agua es desplazada por la capilaridad, inciden factores como la permeabilidad del suelo y el traslado de diversos elementos por varios niveles consecutivos.

Gaseosos. Los gases que se hallan en la atmósfera como es el oxígeno (O₂) y el dióxido de carbono (CO₂), hidrocarburos gaseosos así como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O), los cuales dependen de la naturaleza del suelo. Es importante tener en cuenta que el suelo se encuentra una gran variedad de gases.

7.5. Propiedades Físicas

El suelo está compuesto por sustancias sólidas, como minerales de rocas y residuos de plantas y animales; agua y aire. La estructura del suelo cuenta con propiedades físicas que son susceptibles a los sentidos humanos como el olfato y el tacto, éstas se relacionan con la textura, color, y la capacidad para sostener el agua. Este tipo de propiedades establecen si el suelo es apto para la agricultura (Seminis ,2016).

7.5.1. Color.

El color depende de los componentes, pero existe diversidad de acuerdo a los grados de humedad, materiales orgánicos y los niveles de oxidación de minerales. Es posible estimar las mediciones de algunas propiedades del suelo. El color se emplea para especificar las frecuencias encontradas en diferentes áreas del suelo, también es posible

determinar en donde se origina la materia parental, la materia orgánica, los niveles de drenaje y la existencia de sales y carbonato.

7.5.2. *Textura.*

La textura está relacionada con la cantidad de partícula presentes en distintos tamaños, como puede ser arena (2.0-0.05 mm), limo (0.05-0.02 mm) y arcilla (menos de 0.002 mm), en el suelo; el tamaño de estas tres es fundamental para saber si el suelo es viable para el uso agrícola. Siendo una propiedad importante ya que influye como factor de fertilidad y en la habilidad de retener agua, aireación, drenaje, contenido de materia orgánica y otras propiedades.

7.5.3. *Estructura.*

La estructura del suelo es la manera en la que se agrupan las partículas individuales del suelo y los espacios. Una buena composición del suelo se determina por la mezcla de macroporos. De esta mezcla depende una buena circulación del agua y su posterior drenaje, Es importante considerar que los microporos son los que almacenan el líquido.

7.5.4. *Capacidad de Retención del Agua.*

Esto empieza con la circulación del agua en el suelo, el cual fue alimentado por medio de lluvias o irrigación, el agua se drena por el suelo, para luego evaporarse. Para que exista retención de agua en el suelo obedece a la acción de los poros disponibles; para que un suelo sea ideal para la siembra, debe tener una capacidad pareja para que circule el agua y el líquido, por ello si hay un exceso de aire esto podría ocasionar que la planta se pudra, mientras que una cantidad excesiva de agua puede reducir la vitalidad de la planta.

7.5.5. *Materia Orgánica.*

Es la acumulación de todos los residuos vegetales y animales, así como de las células microbiales que son depositadas en el suelo y que se encuentran en proceso de descomposición, siendo esto importante como fuente de la energía requerida para la

actividad y el metabolismo de los microorganismos del suelo y como sustrato para el suministro de algunos nutrientes esenciales para las plantas (Blanco, 2006).

La materia orgánica del suelo (MOS) es un parámetro determinado por controles bióticos, como la abundancia producción y tipos de especies de plantas y de la producción microbial y por controles ambientales, tales como la temperatura, contenido de agua y la textura del suelo, la dinámica y preservación de la MOS es decisiva porque mejora la estructura y porosidad del suelo su fertilidad y, por ende, la producción de los cultivos (Clunes et al, 2014).

La adaptación de materia orgánica, independientemente tiene como principal objetivo propiciar el mejoramiento de la estructura y características químicas de los suelos, en forma significativa a la inducción de la diversidad y actividad microbiana presente en el suelo (Ferrera y Alarcón 2001). Por ello, la MOS actualmente tiene un rol de gran importancia en la fertilidad de los suelos, otorgada por sus propiedades químicas, físicas y biológicas, lo cual la convierte en un vital aporte para el sistema edáfico. (Venegas, 2008).

7.5.6. Movimiento del Agua en el Suelo.

El agua circula por el suelo gracias a factores como la gravedad, el ascenso capilar y osmosis. La gravedad permite que el agua circule en el suelo con una intensidad de succión de 0 y 1/3 bar. Este fenómeno es conocido como flujo saturado, en intensidades más altas se denomina como flujos no saturados. Los flujos de agua tienen la posibilidad de medir en campo por medio de la Conductividad Hidráulica. Se puede obtener información importante en la circulación del agua en el suelo por medio de la especificación de suelos de las clases de drenaje y sus propiedades similares (propiedades gléyicas y stágnicas).

7.6. Propiedades Químicas

Las características químicas del suelo están sujetas a la cantidad de los diversos minerales y sustancias orgánicas que lo conforman. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio debería ser exuberante y equilibrado. La materia

orgánica continuamente tiene carbono, oxígeno e hidrógeno, además de otros recursos (Semines, 2016).

7.6.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC).

Esta es la destreza del suelo para retener iones positivos. Entre más grande sea el CEC, va a ser más grande la proporción de potasio, amonio, calcio, magnesio, zinc, cobre, fierro y manganeso. El proceso es parecido al de un imán: los polos negativos se repelen, mientras tanto que el polo negativo de uno atrae el positivo del otro; lo mismo pasa con la retención de nutrientes en el suelo.

En unidades del sistema internacional, se expresa (CIC) en centimoles de carga positiva por kilogramo de suelo, cmol (+) kg^{-1} o bien cmolc kg^{-1} . Con anterioridad se venía utilizando como unidad el $\text{meq}/100\text{g}$, cuyo uso se halla todavía muy extendido. El valor numérico es el mismo con ambas unidades (Huerta, 2010).

Los cationes más importantes en los procesos de intercambio catiónico, por las cantidades de ellos que participan en dichos procesos, son Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} (las bases del suelo) y NH_4^{+} . Los suelos ácidos, cuyos valores de pH, el Al^{3+} son vitales en el complicado intercambio catiónico del suelo (Jaramillo, 2002).

Los coloides del suelo, principalmente las arcillas y la materia orgánica, muestran en su superficie cargas negativas, por lo que pueden adsorberse a ellas cationes (ya sea nutrientes o contaminantes). Estos cationes pueden ser intercambiados por cantidades equivalentes de otros cationes, esta equivale a $\text{meq}/100\text{g}$ de suelo y dependiendo de los coloides que contenga (Siebe et al., 2006).

7.6.2. Ph del Suelo.

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un impacto fundamental en el desarrollo de los organismos vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH tiene relación con la concentración de iones hidrógeno activos (H^{+}) que se da en la interface líquida del suelo, por la relación de los elementos rígidos y líquidos. La

concentración de iones hidrógeno es importante en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (Fernández y Rojas, 2006).

La acidez del suelo se debería a pérdidas de las bases en suelos de regiones lluviosas por impacto de ruptura de las mismas las que se percolan y se pierden por lixiviación en proporciones considerables. Los sitios del suelo que estaban siendo ocupados por las bases, son reemplazados por el ion hidrógeno el cual al pasar a la solución del suelo genera la reducción del pH y toxicidad (Porta y López, 2008).

Padilla (2007), Argumenta que el crecimiento de las plantas, en suelos ácidos como alcalinos hacen que algunos nutrientes sean altamente insolubles a valores de pH altos, mientras que otros son menos disponibles a valores de pH bajo. La disponibilidad máxima para la mayoría de nutrientes ocurre en el rango de Ph de 6,5 a 7,5.

Los valores que favorecen a la gran parte de nutrientes que permanecen accesibles para las plantas y por ende para desarrollo de los cultivos a pH de 6.5 a 7.5 (Vásquez et al., 2002), debido a que pH es primordial en las características del suelo ya que regula las características químicas del suelo, establece la disponibilidad del resto de los cationes para las plantas e influye sobre la CIC, que es menor en suelos ácidos que en los básicos (Báscones, 2005).

7.6.3. Fertilidad.

La fertilidad está relacionada con la capacidad del suelo para conservar el abasto de nutrientes para que se aprovechado por las plantas. Hay dos tipos de nutrientes:

Macronutrientes: tienen que estar en más grandes porciones en el suelo para que sean aprovechados por la planta; los primordiales son: Nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.

Micronutrientes: permanecen en menor porción, sin embargo, tienen que estar en el suelo para asegurar el conveniente incremento de la planta. Los primordiales son: Hierro, manganeso, zinc, boro, cobre, molibdeno, cloro y azufre.

7.6.4. Fosforo.

El contenido y la conducta del fósforo (P) en los suelos para uso agrícola, está definido al principio por las características originales del material parental, el tipo de arcilla dominante, por la parte orgánica, así como por otras características y procesos de naturaleza biológica y química. De igual manera, el desempeño agronómico al que fue sometido el suelo, puede ocasionar variaciones relevantes del P que modifican por igual su. (Henríquez, 2015).

El fósforo es el segundo componente (después del nitrógeno) más relevante para el aumento de las plantas la producción de los cultivos y su calidad, en el suelo, hay numerosas maneras químicas de fósforo, incluyendo el inorgánico (Pi) y el orgánico (Po). Dichos elementos poseen diversas fuentes de procedencia natural los cuales difieren extensamente en su comportamiento y destino tanto en suelos naturales como cultivados. (Lozano et al., 2012).

7.7. Suelos del Páramo

Mena, A (2000), argumenta que los suelos típicos de páramo son negros y húmedos. Precisamente debido a la alta humedad y al clima frío, la descomposición de materia orgánica es muy lenta, lo que hace que se acumule una gruesa capa de suelo orgánico. El suelo es retenido por una intrincada red de raíces y rizomas que hacen parte de la cubierta vegetal continua de los páramos en buen estado. En general, los suelos de los páramos ecuatorianos se hallan sobre depósitos volcánicos, aunque hacia el sur del país, existen páramos que descansan sobre depósitos no volcánicos a altitudes sobre los 3.000 m.

En cada caso, las condiciones son diversas empero los suelos volcánicos de los páramos comparten ciertas propiedades químicas como la sociedad entre aluminio Activo y materia orgánica. Las más relevantes propiedades físicas y químicas inherentes a esta agrupación son densidad aparente baja, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación irreversible, alta seguridad estructural, alta fijación de fósforo, alta capacidad reguladora y elevado pH en NaF.

Los suelos de los páramos del norte y centro del territorio (ándicos) debido a su composición granular estable, poseen alta porosidad lo cual crea una buena permeabilidad, que paralelamente provoca que sean resistentes a la erosión, es por estas propiedades que son probables los cultivos en pendientes bastante fuertes, además de que generalmente muestran condiciones beneficiosas para la agricultura.

7.8. *Humedad*

La cantidad de lluvia en el páramo puede tener una variación importante (entre 500 y más de 3.000 mm/año). Más que la cantidad de lluvia es la humedad constante con las precipitaciones ocultas (neblina, lloviznas, etc.) lo que da al suelo una humedad persistente y permite su evolución instantánea. Rara vez la estación seca pasa de un mes. Hay zonas particulares que, por ubicarse fuera del alcance de los vientos amazónicos, reciben vientos fuertes de poca humedad que generan un microclima árido y componen el área del Arenal, en especial al oeste del Chimborazo. En estas áreas, el desarrollo de los suelos es bastante débil y se diferencia mucho de los otros páramos (Mena, 2000).

7.9. *Concepto de Arsénico*

Como primer punto podemos decir que el arsénico es un elemento natural el cual se encuentra distribuido en la corteza terrestre. OMS (2018) afirma: “El arsénico es un elemento natural de la corteza terrestre; ampliamente distribuido en todo el medio ambiente, está presente en el aire, el agua y la tierra. En su forma inorgánica es muy tóxico”. El mismo es un elemento químico presente en la tabla periódica con su símbolo químico As, Bundschuh, Carrera, & Litter. (2006) afirman, “El arsénico As, número atómico 33, peso atómico 74, 922, es un elemento distribuido en la atmósfera, en la hidrósfera y en la biosfera” (p.5). Por tanto, pertenece al grupo de metaloides o conocidos como semimetales.

Tabla 3*Propiedades del As*

PROPIEDAD	VALOR
Peso atómico	74,92
Número atómico	33
Numero de oxidación	-3, 0, +3, +5
Radio covalente	1,19
Radio iónico	0,47
Densidad (20 °C)	5,72 g/cm ³

Fuente: Bissen and Frimmel, 2003.

Sabemos que el arsénico es un elemento natural presente en el medio ambiente, esto proveniente de diferentes fuentes naturales como: meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas, actualmente las actividades antropogénicas influyen aún más en su presencia y son procesos industriales como; minería, fundición de metales, uso de biocidas y conservantes de madera (Bundschuh, Carrera, & Litter, 2006).

7.9.1. Movilidad de Arsénico en el Suelo.

La movilidad en el suelo del metaloide arsénico está afectada por diversos factores fisicoquímicos que pueden provocar la liberación o retención de este. La solubilidad de los contaminantes del suelo es un parámetro clave para la comprensión de su posible movilidad. La fracción soluble en la que existen contaminantes, está en equilibrio con otros presentes en el entorno del suelo. Una vez disuelto en el agua del suelo, los elementos a menudo presentan especies diferentes que tienen diferentes actividades iónicas (Mínguez, 2015).

La concentración de arsénico en las aguas naturales y en el suelo está posiblemente controlada en gran medida por procesos sólido-solución. Existen dos categorías fundamentales de procesos geoquímicos de interacción agua-fase sólida, que controlarán la movilización de arsénico en el agua: 1) reacciones de adsorción-desorción y 2) reacciones de precipitación- disolución de la fase sólida. La unión de arsénico a una superficie de un óxido de hierro sería un ejemplo de reacción de adsorción. El fenómeno inverso a esta reacción, arsénico desuniéndose de esa superficie, sería un ejemplo de reacción de desorción (Jiménez, 2018).

7.10. Reserva Ecológica Los Ilinizas

“La Reserva Ecológica Los Ilinizas (cuyo nombre significa: picos gemelos volcánicos) se ubica en la vertiente occidental de la Cordillera Occidental de los Andes, en el Ecuador. La mayoría de la reserva se encuentra en la provincia de Cotopaxi” (Cerna, 2006).

“Uno de los páramos más importantes que posee el Ecuador, es la reserva ecológica Los Ilinizas, la segunda más grande del país con una extensión de 149.900 ha” (Egas, 2016).

“La altura sobre el nivel del mar de la reserva varía desde 800 m hasta 5.248 m, y la precipitación promedio anual varía desde 1.000 mm hasta 2.000 mm” (Cerna, 2006).

7.11. Composición Química del Arsénico

El arsénico es uno de los metales más tóxicos y peligrosos que se encuentran en el medio ambiente Montoya, Hernández, Escareño, & Balagurusamy. (2015) afirman. “El arsénico se puede encontrar en diferentes estados de oxidación: arseniato As (V), arsenito As (III), As elemental (0) y arseniuro As (-III); encontrándose más frecuentemente como arsenito o arseniato. El arsenito es 70 veces más tóxico que las especies metiladas y 10 veces más tóxico que el arseniato, el cual es poco soluble en agua y, por tanto, menos biodisponible”

El arsénico puede oxidarse ya sea en procesos químicos la cual es lenta y depende de otros compuestos químicos que se usan para este proceso o biológicos el cual es preferible.

7.11.1. Toxicidad de las Especies de Arsénico.

“El arsénico (As) es considerado dentro de las toxinas esenciales porque se requiere en pequeñas cantidades para el crecimiento y el metabolismo, pero es tóxico en altas concentraciones” (Krumova et al., 2008).

Depende en gran parte la forma química del arsénico y de sus compuestos para saber qué tan tóxico es para las personas y se diferencian 2 grupos (orgánicos e inorgánicos)

Basu et al., (2014) afirma que los compuestos inorgánicos del arsénico son los más tóxicos y aparecen, sobre todo, en aguas, donde se encuentran principalmente en forma de pentóxido de arsénico (As_2O_5) o trióxido de arsénico (As_2O_3). La toxicidad de estos compuestos depende del estado de oxidación, estado físico, solución o tamaño de las partículas de polvo, la velocidad de absorción en las células, la velocidad de eliminación y la solubilidad en el medio biológico. Además, la exposición a compuestos de arsénico inorgánico se ha asociado a diversos tipos de cánceres como de hígado, pulmones y piel, así como a diabetes.

Tabla 4

Minerales que contiene arsénico en la naturaleza

MINERAL	COMPOSICIÓN	OCURRENCIA
Arsénico nativo	As	Vetas hidrotermales
Niquelina	NiAs	Depósitos de vetas y noritas.
Rejalgar	AsS	Depósito de vena, oropimente a menudo asociado, arcillas, calizas, depósitos de aguas termales.
Oropimente	As_2S_3	Vetas hidrotermales, hot springs, productos de sublimación volcánica.
Cobaltita	CoAsS	Depósitos de alta temperatura, rocas metamórficas.
Arsenopirita	FeAsS	Mineral de As más abundante, mineral dominante en vetas.
Enargita	Cu_3AsS_4	Vetas hidrotermales.
Arsenolita	As_2O_3	Mineral secundario formado por la oxidación de rejalgar, arsenopirita y otros minerales de arsénico.
Claudetita	As_2O_3	Mineral secundario formado por la oxidación de rejalgar, arsenopirita y otros minerales de arsénico.
Escorodita	$Fe^{3+}AsO_4 \cdot 2H_2O$	Mineral secundario.

Fuente: Jiménez Jiménez, 2018

7.12. Contaminación de Suelo por Metales Pesados

La sociedad científica y las autoridades a nivel mundial para la conservación y mejora de la calidad y productividad del suelo han establecido indicadores para carácter del mismo, de forma que se proteja las condiciones adecuadas de la salud, alimentaria y ambiental, el desarrollo de determinadas actividades industriales o factores naturales del ambiente puede constituir un riesgo moderado de contaminación ambiental (Guzmán-Morales, Paz, & Valdés-Carmenate., 2019).

Cuando un suelo supera su capacidad de amortiguamiento sea para una o más sustancias se considera a este un suelo contaminado teniendo consecuencias de contaminación de biosfera, atmosfera, hidrosfera y organismos. Paralelamente, se modifican sus equilibrios biogeoquímicos, y aparecen porciones anómalas de determinados elementos que causa cambios en sus características físicas, químicas o biológicas (García, José Luis Moreno, & Polo, 2002).

Los metales pesados tienen una interacción directa con los peligros por contaminación de los suelos, toxicidad en las plantas y los efectos negativos sobre la calidad de los recursos naturales y el ambiente, riesgos dependientes de varios puntos como son la toxicidad específica del metal, bioacumulación, persistencia y no biodegradabilidad Martínez, Z., & González, M. (2017).

Los metales pesados, tienen la posibilidad de ser hallados en el suelo tanto de manera natural, o sea, que proceden de la roca fuente, o bien haber sido incorporados al mismo de manera antropogénica, los metales pesados los podemos encontrar como iones libres en la disolución del suelo, adsorbidos en las partículas coloidales del mismo, formando complejos organominerales solubles o precipitados en la fracción sólida del suelo (García, José Luis Moreno, & Polo, 2002).

A menudo que avanza la tecnología y se aplican nuevos métodos industriales la contaminación antropogénica en los suelos es mayor, haciendo que la acumulación de metales pesados en los suelos sea cada vez más, tomando en cuenta que las características de estos influyen mucho Puga, Sosa, Lebgue, Quintana, & Campos. (2006) afirman:

Las características del suelo juegan un papel importante en reducir o aumentar la toxicidad de los metales en el suelo, comentan que la distribución de los metales pesados en los perfiles del suelo, así como su disponibilidad está controlada por parámetros como propiedades intrínsecas del metal y características de los suelos. Los metales acumulados en la superficie del suelo se reducen lentamente mediante la lixiviación, el consumo por las plantas, la erosión y la deflación.

La presencia de metales pesados en el suelo representa gran peligro para la biodiversidad así como para el ser humano, ya que estos pueden formar parte de nuestra cadena trófica al acumularse en las plantas y la transferencia a los animales que forman parte de los recursos obtenidos de los suelos. “En general, la distribución de metales pesados en los suelos es un fenómeno complejo que se ve influenciada por factores como el potencial redox, el pH, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, el nivel de las aguas subterráneas y sus fluctuaciones, entre otros” Martínez, Z., & González, M. (2017).

Según la Real Academia Española la desorción hace referencia a la emisión de un fluido previamente adsorbido por un material. Operación unitaria contraria a la absorción, donde se pone en contacto una corriente líquida con una corriente gaseosa. Eliminación de materia de un medio adsorbente para recuperar el material.

“La capacidad de adsorción-desorción influye en forma directa o indirecta en la magnitud de los otros mecanismos que se producen en el suelo y está considerada como el principal proceso entre la fase sólida del suelo y sustancias contaminantes”. (Maitre, Lorenzatti, & Enrique, 2008)

7.13. Contaminación de los Suelos por Arsénico

La presencia en los suelos de concentraciones nocivas de algunos elementos químicos y compuestos (contaminantes) es un tipo especial de degradación que se denomina contaminación. El contaminante está siempre en concentraciones mayores de las habituales (anomalías) y en general tiene un efecto adverso sobre algunos organismos. Por su origen puede ser geogénico o antropogénico. Los primeros pueden proceder de la

propia roca madre en la que se formó el suelo, de la actividad volcánica o del lixiviado de mineralizaciones.

Por el contrario, los antropogénicos se producen por los residuos peligrosos derivados de actividades industriales, agrícolas, mineras, etc. y de los residuos sólidos urbanos. Desde un punto de vista legal, los contaminantes antropogénicos son los verdaderos contaminantes. La toxicidad de un elemento o compuesto químico es la capacidad que tiene ese material de afectar adversamente alguna. Función biológica. Los materiales o compuestos tóxicos no tienen origen biológico, excepto el caso particular de las toxinas que son compuestos tóxicos biogénicos.

Los contaminantes pueden abandonar un suelo por volatilización, disolución, lixiviado o erosión, y pasar a los organismos cuando pueden ser asimilables (bioasimilables), lo que normalmente ocurre cuando se encuentran en forma más o menos soluble. En concreto, la posibilidad de que un elemento (contaminante o no) quede libre y pase a disolución en un suelo se llama disponibilidad.

La biodisponibilidad sería el grado de Libertad en que se encuentra un elemento o compuesto de una fuente potencial para ser capturado por un organismo (ingerido o adsorbido) (Newman & Jagoe, 1994). Normalmente sólo una fracción pequeña de una sustancia potencialmente contaminante de un medio es biodisponible. Su efecto suele ser negativo, pero también puede ser indiferente para un organismo específico.

7.14. Adsorción del Arsénico

Según (Fernández, 2011) “La adsorción es considerada como uno de los métodos de tratamiento más eficientes y económicos, especialmente aplicable para zonas rurales. Es un proceso de transferencia de masa donde una sustancia es transportada desde una fase líquida a la superficie de un sólido, quedando retenida por fuerzas físicas o químicas. Como el mismo es un fenómeno de superficie, cuanto mayor es el área específica del medio, mayor será la capacidad de acumular material”.

En los últimos años se han realizado muchas investigaciones con el objeto de encontrar adsorbentes con elevada eficiencia y bajo costo para eliminar arsénico de aguas

contaminadas. Investigadores como Bentahar, utilizaron diferentes arcillas naturales, como adsorbentes económicos, de amplia disponibilidad y fácil aplicación en el tratamiento de aguas. Estos lograron buenos resultados de remoción de arsénico.

En aquellos suelos constituidos por moscovita, illita, caolinita, cuarzo y dolomita con porcentajes de óxido de hierro superiores al 5%. Generalmente, la eliminación de As a través de técnicas de adsorción depende de la especiación del mismo. Se ha estudiado la adsorción de especies de arsénico empleando diferentes adsorbentes, encontrándose que el As es más difícil de inmovilizar que el As. Además, han demostrado que la cantidad de arsénico adsorbida depende del pH de trabajo y que posee buenos ajustes con modelos no lineales.

7.15. Desorción

Según la Real Academia Española la desorción hace referencia a la emisión de un fluido previamente adsorbido por un material. Operación unitaria contraria a la absorción, donde se pone en contacto una corriente líquida con una corriente gaseosa. Eliminación de materia de un medio adsorbente para recuperar el material.

La capacidad de adsorción-desorción influye en forma directa o indirecta en la magnitud de los otros mecanismos que se producen en el suelo y está considerada como el principal proceso entre la fase sólida del suelo y sustancias contaminantes (Maitre, Lorenzatti, & Enrique, 2008).

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS PARA REMEDIACIÓN PARA SUELOS CONTAMINADOS. Acuerdo Ministerial 097 A

7.16. Muestreo y Análisis de Suelo

7.16.1. De la Toma de Muestras para Caracterización de Suelos.

Se tomará una muestra compuestas por cada por cada 100 hectáreas, formadas por 15 a 20 submuestras georreferenciadas cada una con un peso no inferior a 0,5 kg tomadas

a una profundidad entre 0 a 30cm. las submuestras serán mezcladas y homogenizadas para obtener una muestra compuesta representativa del suelo, de cual se tomará un peso de entre 0.5 y 1.0 kg, que servirá para realizar los análisis requeridos. Acuerdo ministerial 0 97 A (2015).

Tabla 5

Criterios de calidad de suelo

PARAMETROS	UNIDADES	VALOR
Prámetros Generales		
Conductividad	Us/cm	200
pH		6 a 8
Relación de adsorción de sodio (índice SAR.)		4*
Parámetros inorgánicos		
Arsénico	mg/kg	12
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	25
Cromo total	mg/kg	54
Cromo VI	mg/kg	0.4
Cianuro	mg/kg	0.9
Estaño	mg/kg	5
Fluoruros	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	5
Niquel	mg/kg	19
Plomo	mg/kg	19
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	76
Zinc	mg/kg	60
Parámetros orgánicos		
Benceno	mg/kg	0.03
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1

Xileno	mg/kg	0.1
PCBs	mg/kg	0.1
Clorinados Alifáticos (cada tipo)	mg/kg	0.1
Clorobencenos (cada tipo)	mg/kg	0.05
Hexaclorobenceno	mg/kg	0.05
Hexaclorociclohexano	mg/kg	0.01
Fenólicos no clorinados	mg/kg	0.1
Cloro fenoles	mg/kg	0.05
Hidrocarburos totales	mg/kg	<150
Hidrocarburos aromáticos	mg/kg	0.1

Fuente: Acuerdo ministerial 097 A

8. METODOLOGÍAS (TÉCNICAS E INSTRUMENTOS)

La presente investigación partió de un muestreo previo en zona la Reserva ecológica Los Illinizas, donde se seleccionaron 22 puntos de muestreo, para el análisis. También se realizó un análisis bibliográfico, basándonos en artículos y trabajos de investigación acerca del tema. Donde un estudio exploratorio pretende darnos una visión general para determinar la capacidad de desorción del suelo de la reserva Los Illinizas, donde aplicaremos un enfoque cuantitativo que nos permitirá recoger datos y análisis estadísticos para establecer patrones de comportamiento de la desorción de arsénico en suelos, mediante la aplicación de graficas de predicción.

8.1. *Tipos de Investigación*

8.1.1. *Investigación Descriptiva.*

Esta investigación se utilizó para la obtención de las bases de conocimiento necesarias sobre el suelo, el As, la metodología a estudiar y situación actual de la reserva ecológica los Illinizas.

8.1.2. *Investigación Bibliográfica.*

La presente investigación permitió recopilar información importante de varios estudios que se realizaron anteriormente sobre el tema de investigación de arsénico en el suelo.

8.1.3. Investigación de Campo.

Esta investigación se realizó durante el muestreo e información a través de la utilización del equipo e información sobre el tipo de muestreo que se utilizó para la recolección de la muestra en los diferentes puntos de muestreo.

8.1.4. Investigación Analítica.

La investigación analítica permitió en establecer el análisis de los resultados obtenidos y la verificación de los mismos.

8.2. Métodos

8.2.1. Método Analítico – Sintético.

Mediante este método se analiza cada una de las partes que se pretende estudiar para luego integrarlas, y determinar los resultados, acerca de la investigación en la reserva REI.

8.2.2. Método Inductivo.

Se parte de leyes o teorías de estudios científicos que contribuyan a la deducción lógica de los resultados que se estima obtener. Es por esto, que se va analizar información y estudios sobre la capacidad que tiene el suelo de adsorción y desorción del arsénico.

8.2.3. Método Sistémico.

Mientras este método nos enfocamos en el tema de estudio y sus principales componentes y la relación que existe entre estos, así pues, se puede establecer una dinámica con el arsénico y el suelo de la Reserva ecológica Los Ilinizas.

8.2.4. *Método Comparativo.*

Permite un análisis de variaciones a través del estudio de semejanzas y diferencias entre dos o más casos, con el fin de establecer regularidades que, explicadas mediante covariación, o bien mediante interpretación de la diversidad, permiten establecer relaciones causales, correlaciones y generalizaciones, por lo tanto, al realizar la investigación bibliográfica es importante relacionar los resultados obtenidos en cada estudio para determinar la capacidad de adsorción y desorción, para especificar el método que sea eficiente y se adecue a las características que presenta los suelos de la Reserva de Los Ilinizas.

8.3. *Técnicas*

8.3.1. *Observación Directa.*

La observación directa es la presente investigación permitió realizar un planteamiento adecuado del problema de estudio, ya que permitió un acercamiento al área de estudio donde se llevó a cabo el trabajo de campo.

8.3.2. *Análisis de Datos.*

Mediante los análisis datos nos permitirá analizar, las concentraciones de adsorción y desorción, para así establecer si existe relación entre concentraciones, con la finalidad de obtener conclusiones precisas que nos ayudarán a alcanzar nuestros objetivos del proyecto.

8.4. *Instrumentos*

Tabla 6

Instrumentos

INSTRUMENTOS DE MUESTREO	INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
GPS	Agitador magnético
Libreta de campo	Centrífuga
Pala	Erlenmeyer DE 250ML
Metro	Vaso precipitado 1000ml
Fundas ziclop	Tubos Fisher
	Equipo para medir As.

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

Objetivo específico 1

8.5. *Área de estudio*

La determinación de los puntos de muestreo, se realizó en la reserva de los Ilinizas en la parte norte de la reserva en la parroquia San Juan de Pastocalle, provincia de Cotopaxi, Ecuador. El área de estudio se encuentra ubicada en la reserva ecológica los Ilinizas se realizó en la parroquia San Juan de Pastocalle, provincia de Cotopaxi, Ecuador rango altitudinal de 800 a 5265 msnm. Se planifico con el grupo de trabajo y el tutor la salida de campo a la Reserva Ecológica los Ilinizas, presupuestando los gastos mismos que fueron solventados por los integrantes previamente se estableció el número de muestras en base al Reglamento Ecuatoriano. Mediante la visita “IN SITU” proceder a tomar las muestras en el Área de investigación para que el muestreo se recolecto en su entorno y en lo más posible estado natural.

Se recopilo mapas cartográficos de manera dinámica se expone la variación de alturas en el área de Investigación y recolección de muestras, con el objetivo de obtener las características. La aplicación de este método nos permitió utilizar los archivos digitales descargables del territorio ecuatoriano de la página del Sistema de Información Nacional (SNI) y específicamente de la provincia de Cotopaxi para realizar la ubicación geográfica del sector en estudio; La Reserva Ecológica Illinizas, se encuentra ubicado en el Ecuador entre las provincias de Santo Domingo de los Tsáchilas, Cotopaxi y Pichincha entre los Puntos al Norte x; 755208 y; 9975855 Sur x; 762494 y; 9916281 Este x; 787263 y; 9925975 Oeste x; 729001 y; 9963598. Con una extensión de 500 hectáreas aproximadamente, con un rango altitudinal que va desde los 2800 msnm hasta los 4210 msnm.

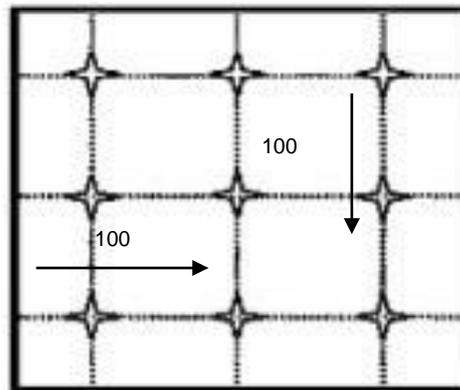
8.6. *Metodología para el Muestreo de Suelo.*

De campo. En primera instancia se muestreo el suelo de la Reserva Ecológica Illinizas de manera sistemática como lo establece el Acuerdo Ministerial 097-A., La recolección de las muestras se efectuó alrededor de las aguas termales de la reserva ecológica los Ilinizas, mediante la aplicación de un muestreo compuesto, con una

anticipada inspección del sitio por su amplitud y mayor accesibilidad. Al ser una zona montañosa se tomó muestras en ladera, alta, media y baja. Por cada punto a se utilizó, barrena y pala para cavar el sitio, Se eligió los puntos por el área de estudio que se encontraba de manera regular y por tener la superficie de 149.600 h Se procedió a tomar la muestra compuesta a una profundidad de 30cm de 22 puntos representativos, colocando en cada funda de ziploc la cantidad de 3lb. Utilizando la ficha de muestreo que contiene los datos generales del sitio: las coordenadas, altitud, temperatura, fecha, hora y su ubicación. En rejillas de 100 metros como se muestra en la figura 1, la altitud de los suelos muestreados varía de 4205 – 4065 m.s.n.m.

Figura 1

Sistema de rejilla de 100 m



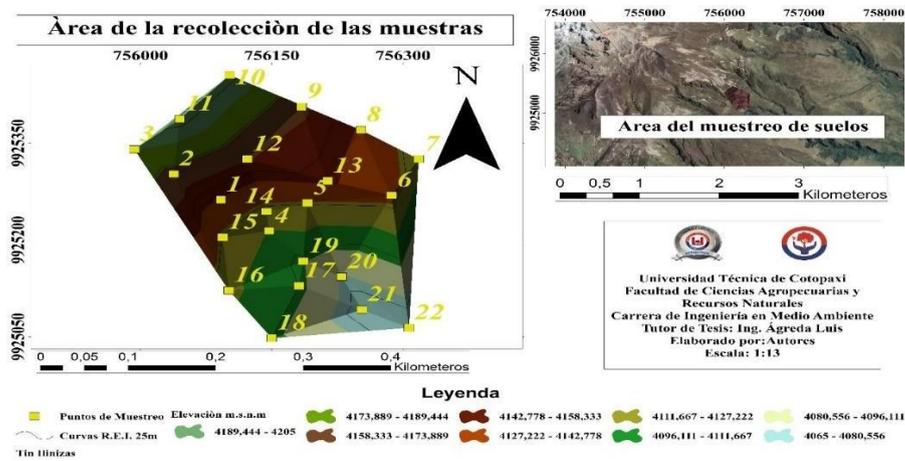
Elaborado por: Codutti Eveling Toapanta Analhia

Nota: debido a la gran extensión de terreno que representa la Reserva Ecológica Illinizas se ha considerado muestrear en el sistema de rejilla cada 100 m. pero lo recomendable es de 10 a 20 m.

Finalmente se identificó la muestra compuesta mediante una tarjeta donde se colocó la fecha del muestreo, la altura y coordenadas previamente georeferenciadas con el G.P.S., resaltando el previo establecimiento de parámetros para todas las muestras; toma de las muestras a profundidad de arado de 10cm, identificado con el nombre de Reserva Ecológica Illinizas y la numeración de los puntos del 1 al 22.

Figura 2

Ubicación del Área de Muestreo



Elaborado por: Codutti Eveling Toapanta Anahia

Tabla 7

Coordenadas del área muestreada de suelos

Puntos de Muestreo	X	Y	Z
1	756092	9925262	4141 msnm
2	756038	9925302	4169 msnm
3	755993	9925340	4190 msnm
4	756147	9925214	4111 msnm
5	756191	9925257	4126 msnm
6	756287	9925269	4132 msnm
7	756318	9925325	4119 msnm
8	756252	9925370	4141 msnm
9	756184	9925406	4161 msnm
10	756102	9925455	4204 msnm

11	756045	9925387	4205 msnm
12	756122	9925325	4159 msnm
13	756214	9925291	4145 msnm
14	756144	9925244	4121 msnm
15	756094	9925204	4124 msnm
16	756101	9925122	4115 msnm
17	756181	9925129	4100 msnm
18	756150	9925048	4100 msnm
19	756186	9925167	4097 msnm
20	756230	9925143	4079 msnm
21	756253	9925092	4070 msnm
22	756307	9925064	4065 msnm

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

8.7. *Diseño no Experimental*

Objetivo específico 2

8.7.1. *Caracterización del Adsorbente.*

Para la realización del estudio de desorción, se realizó la caracterización del adsorbente empleado en el estudio corresponde a un suelo de paramo, extraído de la Reserva Ecológica los Ilinizas. Donde se analizaron las propiedades físicas del adsorbente químico del mismo, analizándose la composición de los principales elementos involucrados en la remoción de arsénico como hierro total, aluminio. Análisis de pH, humedad y sólidos volátiles.

8.7.2. Contaminación.

El proceso experimental realizado para el estudio de la capacidad de adsorción del arsénico en las 22 muestras de suelo de los Ilinizas, consistió de dos etapas. La primera, se denominó proceso de contaminación, en ella se determinaron las concentraciones óptimas del arsénico en solución para la respectiva contaminación en cada muestra. La segunda parte del experimento consistió en realizar las pruebas de adsorción de arsénico con las condiciones óptimas obtenidas en diferentes tiempos. Para la preparación de la solución inicial se utilizó 500 ug As_2O_3 (Oxido de arsénico) en 1 L H_2O luego se procedió a colocar en el agitador magnético hasta tener una solución líquida, siendo esta concentración inicial para todas las muestras. Para los mismos se emplearon erlenmeyers y un agitador.

Figura 3

Preparación de la CO de As



Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

8.7.3. Adsorción.

Para la primera muestra y sucesivamente para las demás, se determinó el tiempo de agitación mínimo necesario para alcanzar el equilibrio poniendo en contacto una solución de 500 ug/l en la muestra de suelo de los Ilinizas como adsorbente. Para ello, se trabajó agregando 100 ml de la solución cada erlenmeyers que contenían 1 g del adsorbente en estudio. Los mismos fueron colocados en el agitador orbital y se agitaron a 250 rpm durante los siguientes tiempos: 0,5, 1, 2, 3, 6, 8, 12, 24 y 48 horas. Transcurrido cada uno de los tiempos establecidos, se separaron las soluciones del adsorbente centrifugándolas a 2500 rpm durante 15 minutos, determinando arsénico total en el

líquido sobrenadante. Una vez realizado este procedimiento, se obtuvo la cantidad de arsénico final de cada muestra mediante el equipo de medición de arsénico, el cual consta en obtener la titulación de las cantidades de arsénico en tiras de medición del mismo.

Figura 4

Agitación del suelo con la solución de As



Pesado del suelo



Muestra del suelo



Agitación del suelo con la solución de As.



Separación líquido y sólido.

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

Figura 5

Medición del As



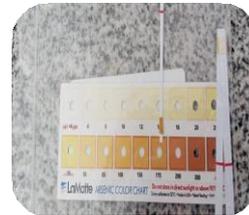
Equipo de As.



Preparación de los reactivos.



Acción de los reactivos.



Resultados de la concentración de As.

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

8.7.4. Desorción del Arsénico.

Para el estudio de una posibilidad de desorción del metaloide adsorbido sobre el material en estudio. Para ello, se colocaron los suelos empleados para el estudio de adsorción, una vez separados por centrifugación, en distintos erlenmeyers con 250 ml de agua destilada. Los mismos se agitaron en el agitador orbital en tiempos de 30min, 1, 2, 3, 6, 8, 12, 24,48 horas a 250 rpm. Posteriormente se separó la solución del adsorbente centrifugándose a 2500 rpm durante 15 minutos, determinándose la concentración de arsénico desorbido en solución. (Griffa, Boglione, Panigatti, Keller, & Allegrini, 2017)

Figura 6

Proceso de desorción



Agitación del suelo empleado para la desorción con agua destilada



Centrifugación de las muestras.



Medición de As.

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.

Figura 7

Medición de la concentración de As



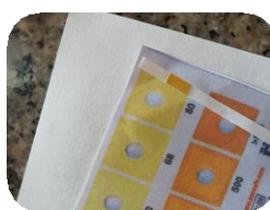
Concentración de As 30min



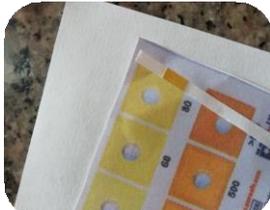
Concentración de As 1h



Concentración de As 2h



Concentración de As 3h



Concentración de As 6h



Concentración de As 8h

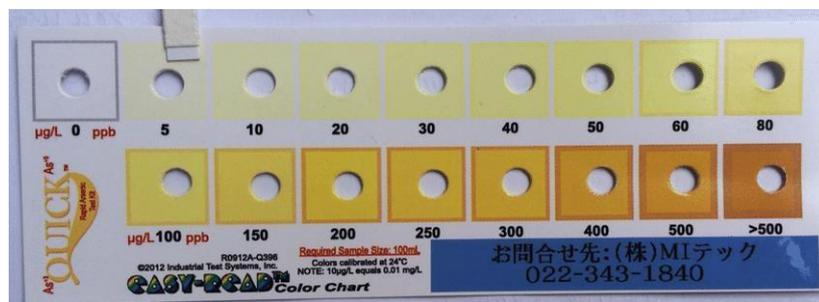
Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.

8.7.5. *Medición de Arsénico.*

Para determinar la concentración de arsénico en el líquido sobrenadante mediante ARSENIC COLOR CHART, un test de As (rango de medición de < 4 - 400 ug As/L), utilizando una tabla de colores estándar de arsénico en ppb por método colorimétrico, mediante el cual se expresaba la concentración de As en el suelo del área de estudio.

Figura 8

Test de As



Obtenido de: Test de As.

Objetivo específico 3

8.7.6. *Gráficas Comparativas.*

Las gráficas comparativas se realizaron mediante el programa Excel donde los datos usados son los de adsorción y desorción para proceder al análisis de datos comparativos, determinando la desorción en cada muestra.

Se utilizaron gráficos múltiples en este caso barras y lineal con la intención que se puedan visualizar la diferencia entre adsorción, desorción y retención de una manera más sistemática y resumida

8.7.7. *Gráficas Predictivas.*

Para el modelo predictivo se realizó un promedio para las mediciones de las concentraciones de adsorción y desorción de los diferentes puntos de muestreo donde se

clasifico en tres pisos altitudinales que van de 4064- 4100 msnm, 4119-4141 msnm y 4159 – 4205 msnm. Se utilizaron graficas de regresión lineal donde relación estadística entre dos variables continuas conocidas como variables de predicción y respuesta para determinar los datos predictivos.

$$Y=\beta_0+\beta_2 x$$

Donde:

Y: es la variable dependiente o variable respuesta

X: son las variables explicativas, independientes

β_0 : parámetros del modelo

β_2 : parámetros del modelo

Para el pronóstico de la desorción se aplicó la siguiente formula.

$$Y=\beta_0*Y+\beta_2 x*X$$

Donde:

Y: es la variable dependiente o variable respuesta

X: Son las variables explicativas, independientes

β_0 : parámetros del modelo

β_2 : parámetros del modelo

Una vez determinado el pronóstico de desorción se realizó una diferencia entre la concentración inicial de desorción y el pronóstico de desorción obteniendo el incremento de desorción.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1. Área de Estudio

Figura 9

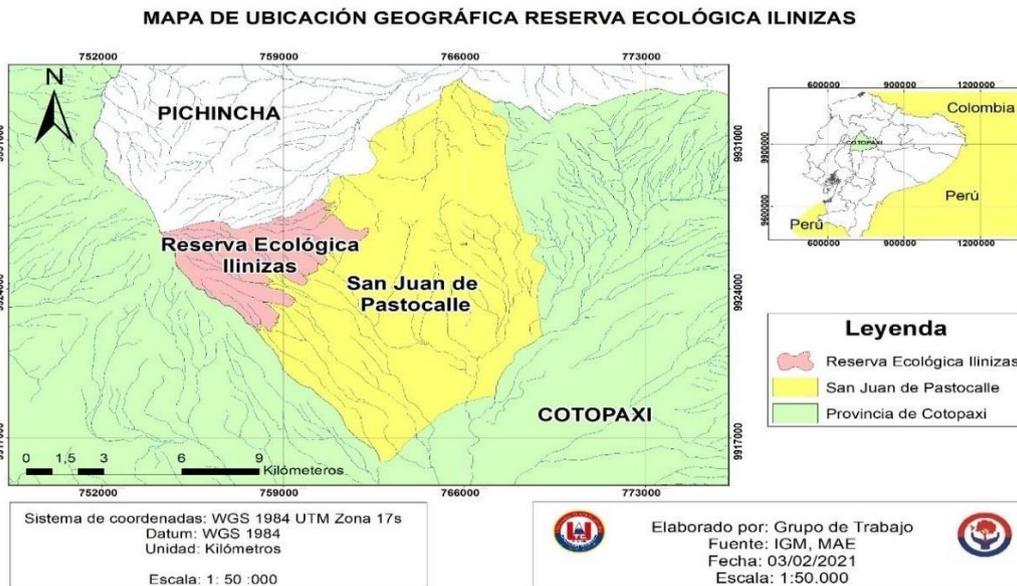
Ubicación del área de investigación



Elaborado por: Grupo de trabajo.

Figura 10

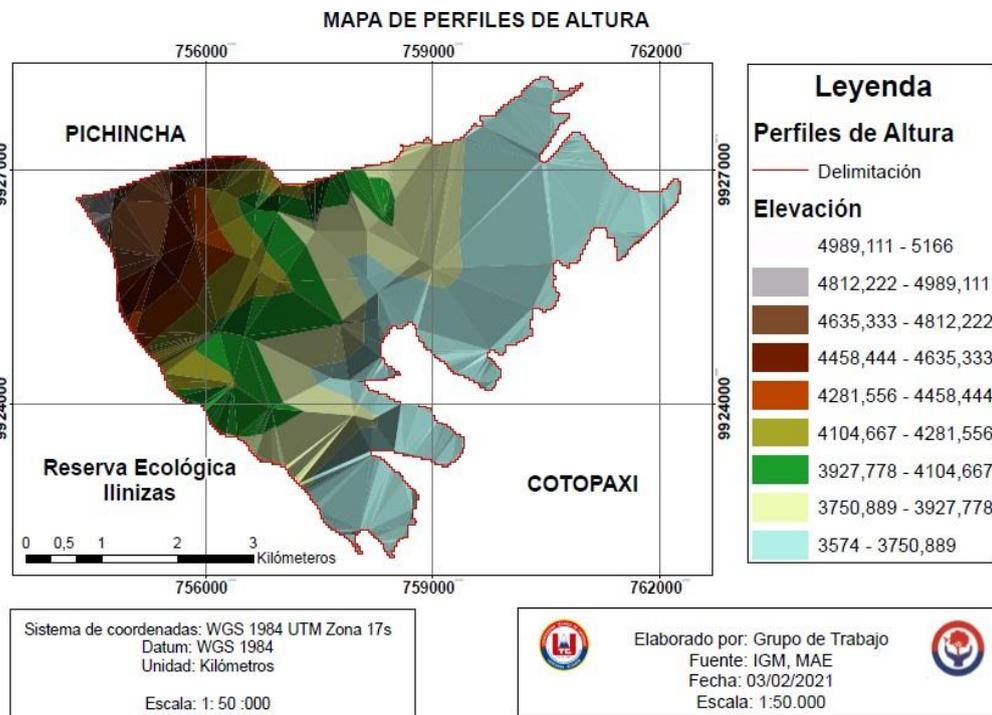
Ubicación de la Reserva Ecológica Ilinizas



Elaborado por: Grupo de trabajo.

Figura 11

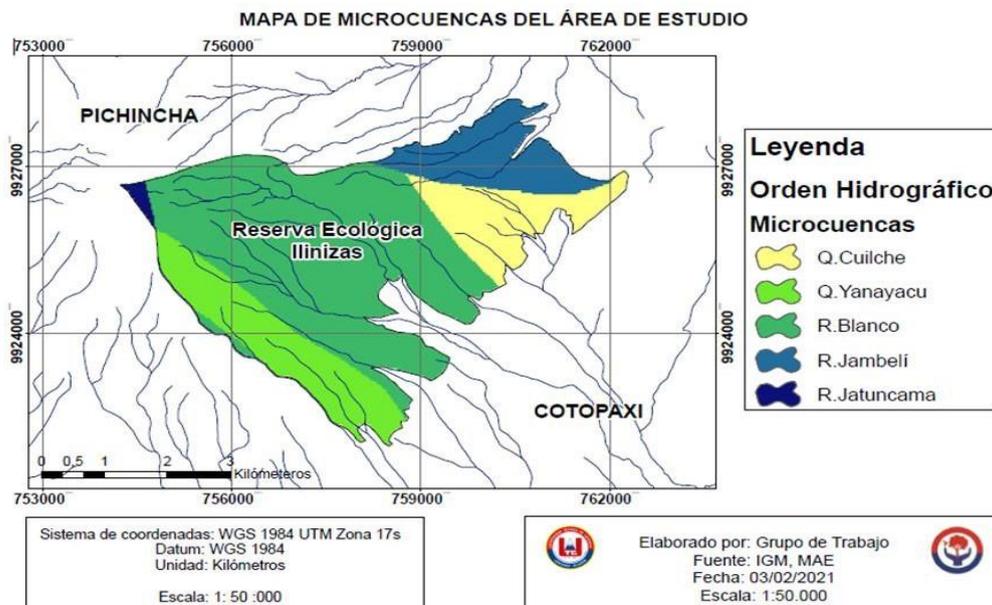
Mapa de perfiles de altura



Elaborado por: Grupo de trabajo.

Figura 12

Mapa de microcuencas del área de estudio



Elaborado por: Grupo de trabajo.

9.2. Valores de Desorción y Caracterización del Adsorbente

Tabla 8

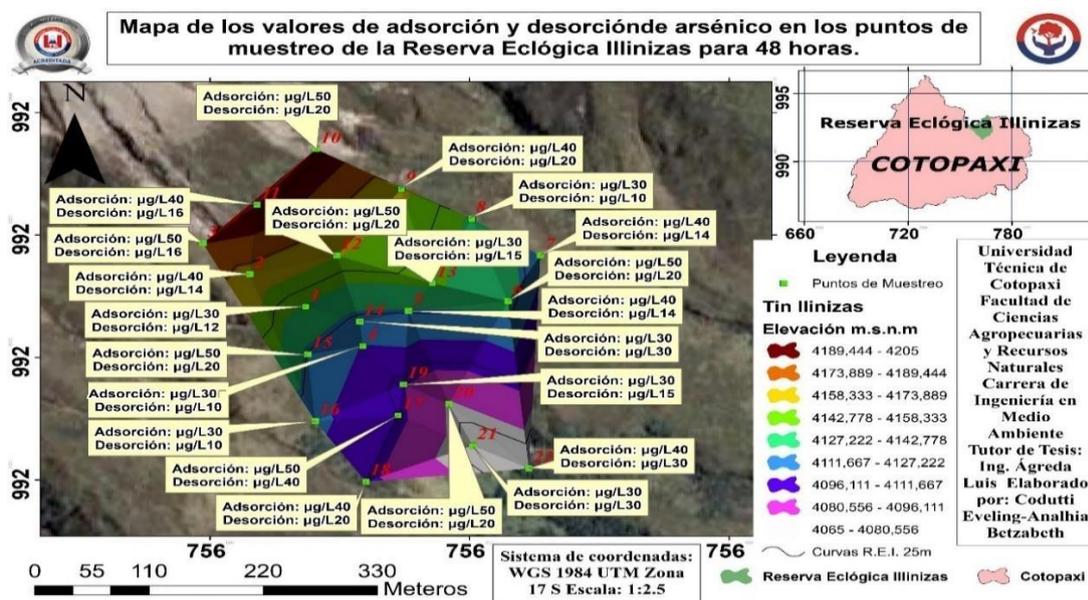
Caracterización de Adsorbente

SUELO	FE	Mn	pH
P2	1255	10,2	5,97
Parte Alta	ppm critico	Optimo	
P8	1253	7,5	5.61
Parte Media	ppm Crítico	Medio	
P22	153 ppm	5,3	5,93
Parte Media Baja	Anormal	MMedio	
P21	1110ppm	13,7	5,54
Parte Baja	Crítico	Optimo	
P18		200	13,2
Parte Baja		Anormal	Optimo 8,19

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

Figura 13

Mapa de valores de adsorción y desorción

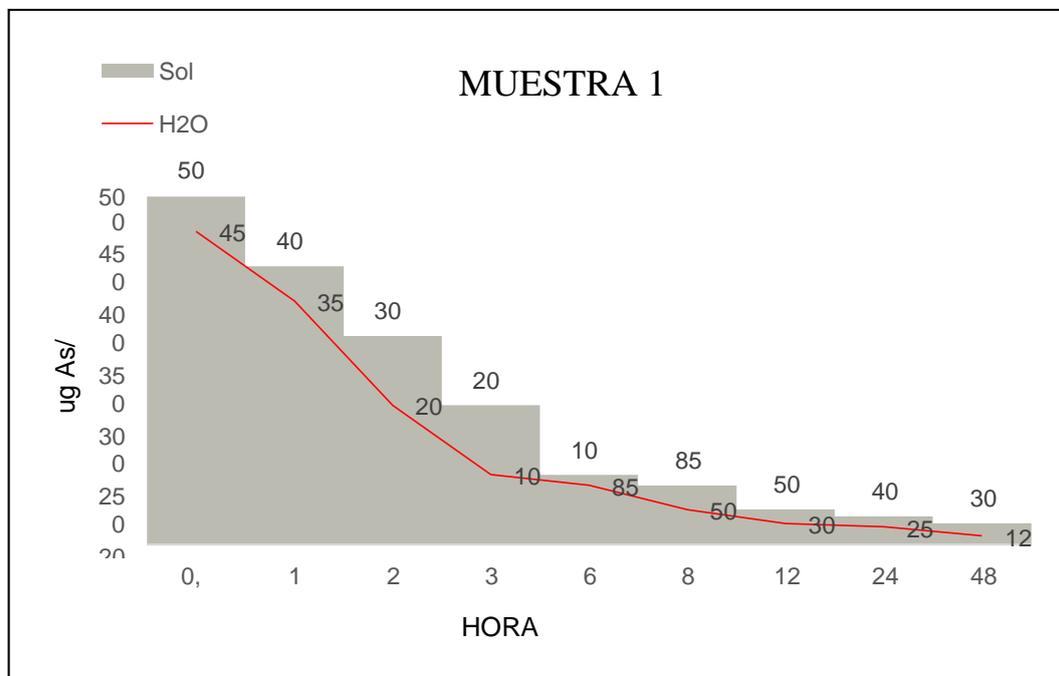


Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

9.3. Graficas Comparativas y Predictivas

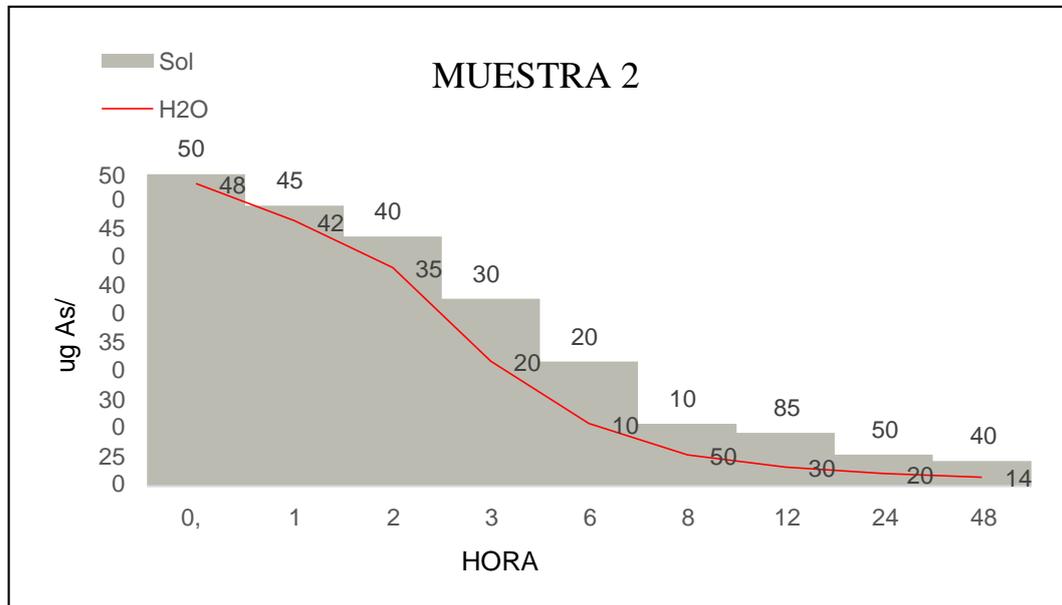
Figura 14

Desorción Muestra 1

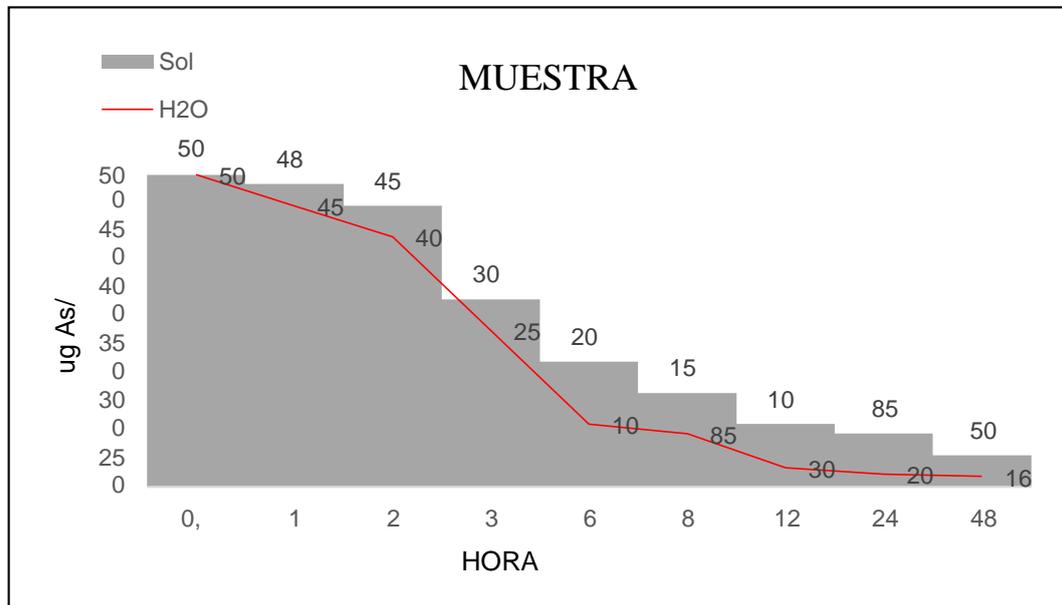


Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

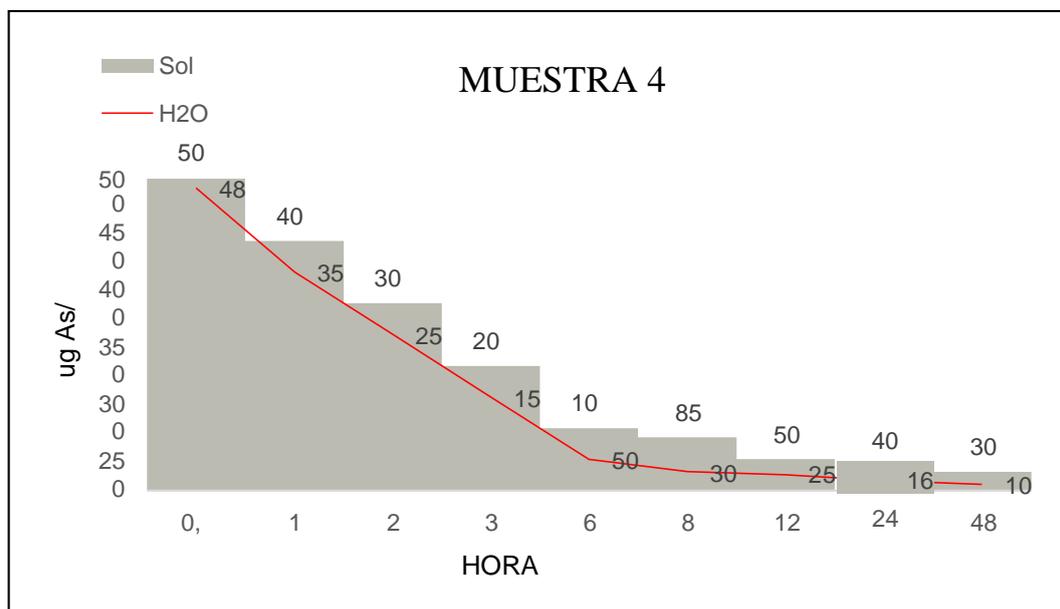
Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 85% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 85% a 40% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

Figura 15*Desorción Muestra 2**Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Anahlia*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 70% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As , se obtuvieron desorciones , luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación ,lográndose una desorción de 50% a 35% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

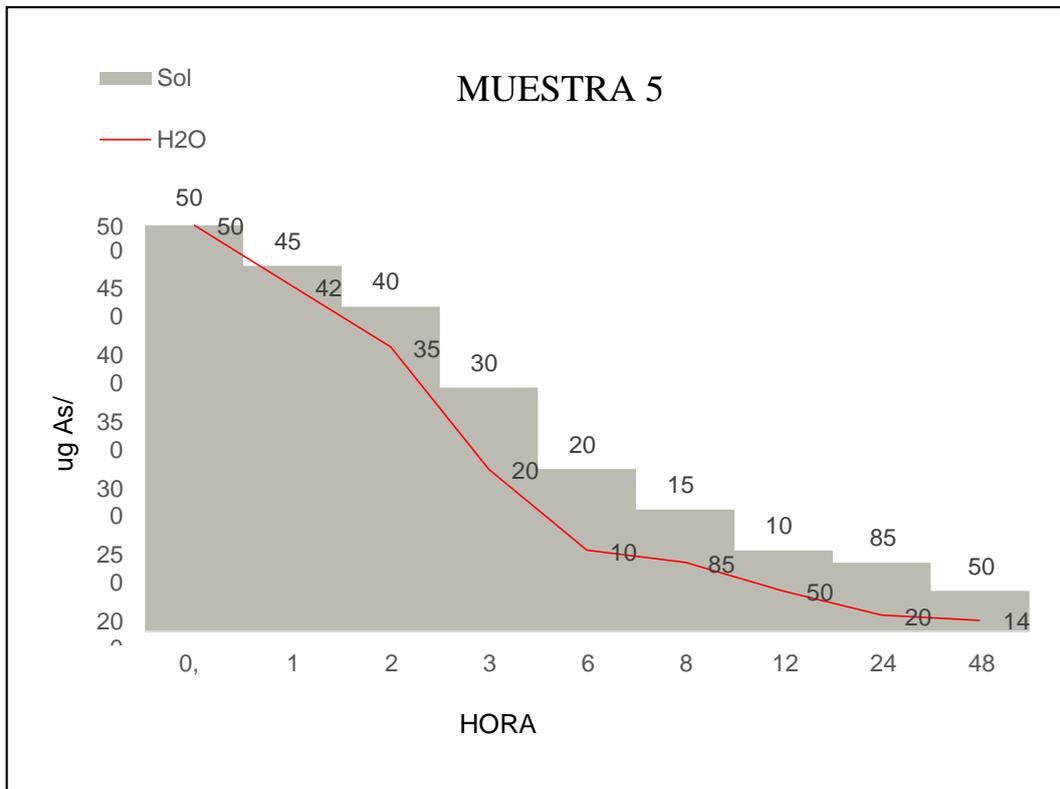
Figura 16*Desorción Muestra 3**Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 84% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As , se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 32% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

Figura 17*Desorción Muestra 4*

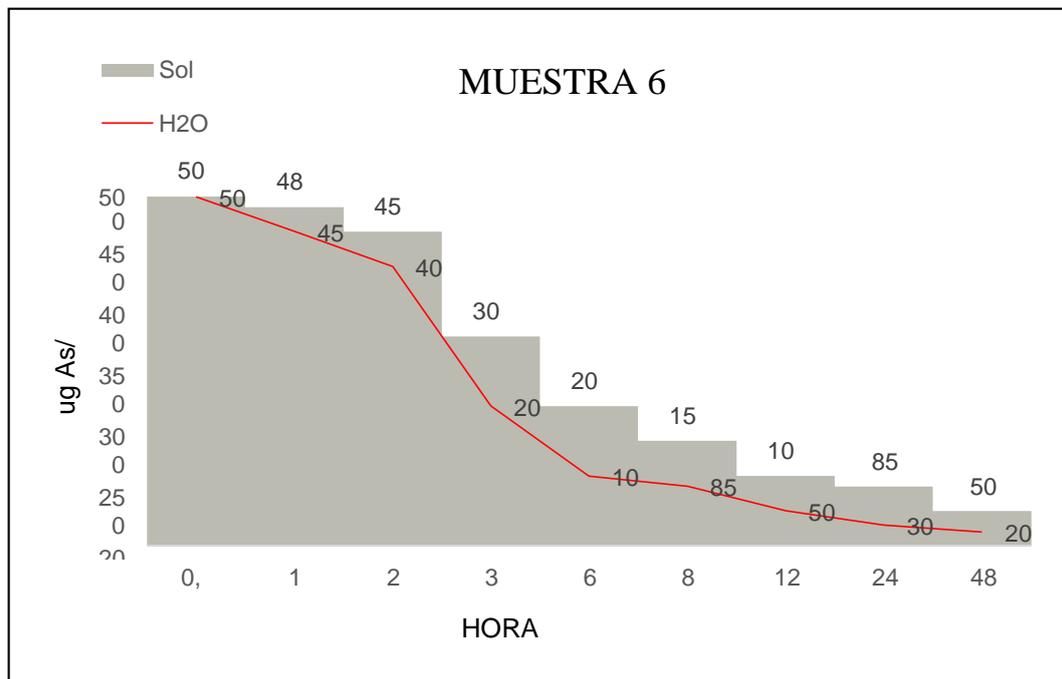
Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 75% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 33% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

Figura 18*Desorción Muestra 5*

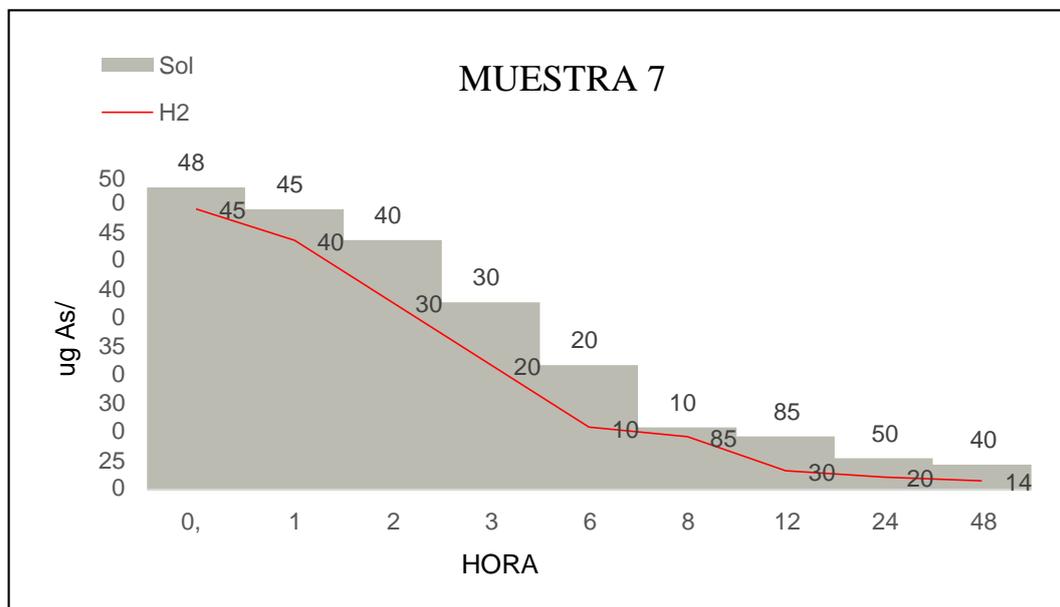
Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 66% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones , luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación ,lográndose una desorción de 50% a 30% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

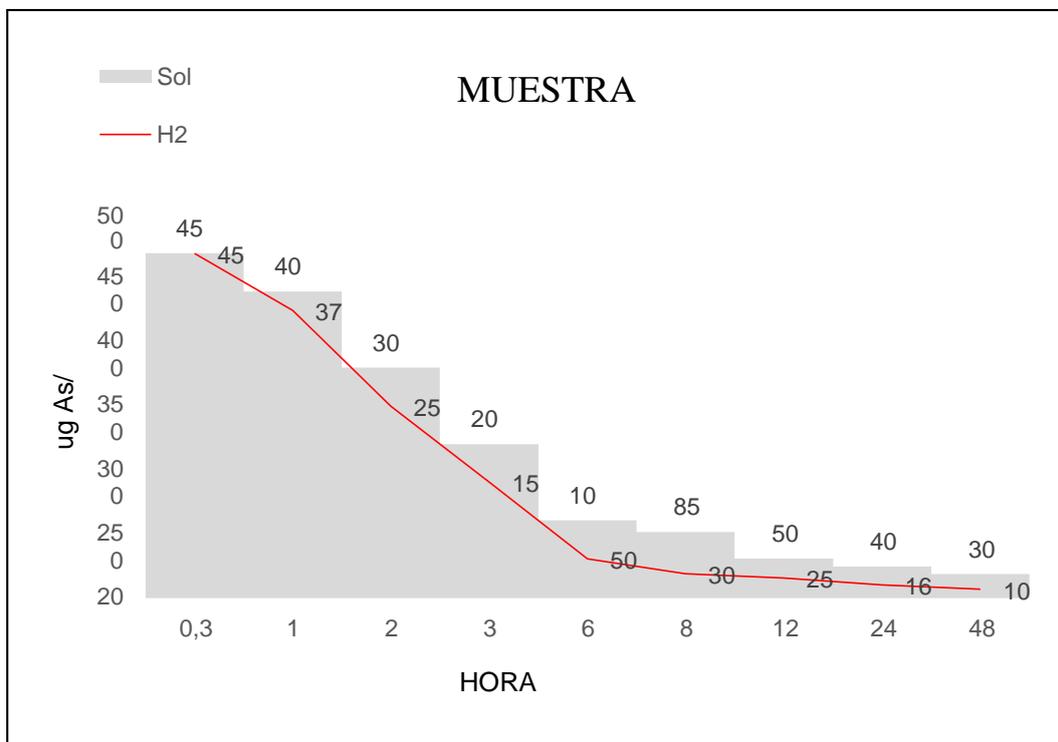
Figura 19*Desorción Muestra 6*

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.

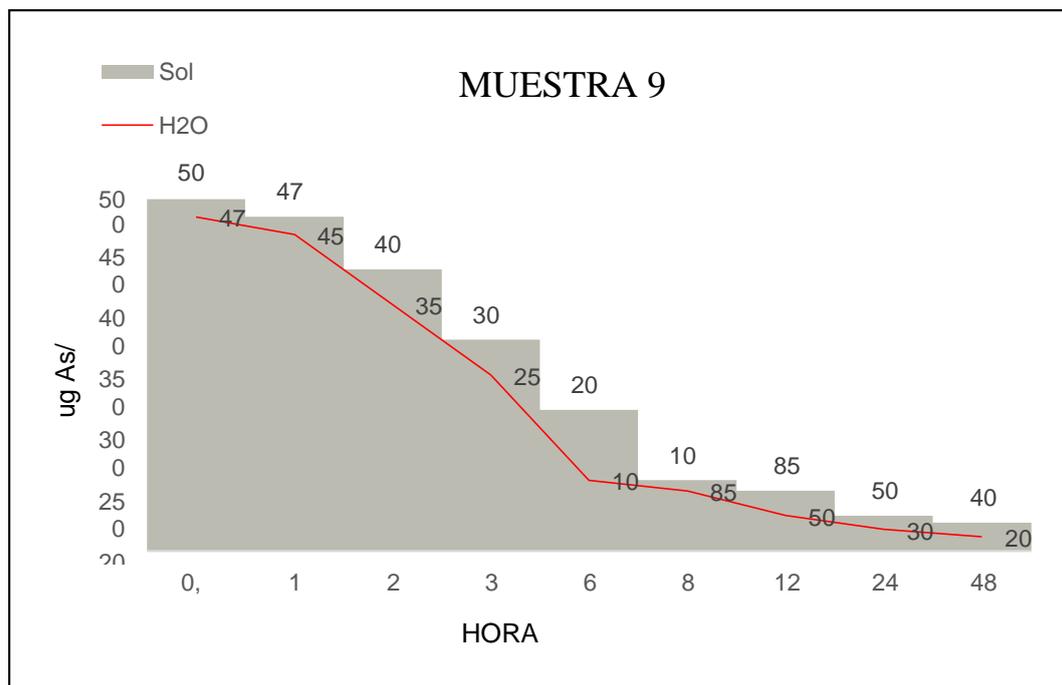
Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 66% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 40% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

Figura 20*Desorción Muestra 7**Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.*

Los datos señalan diferentes, concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 66% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 35% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

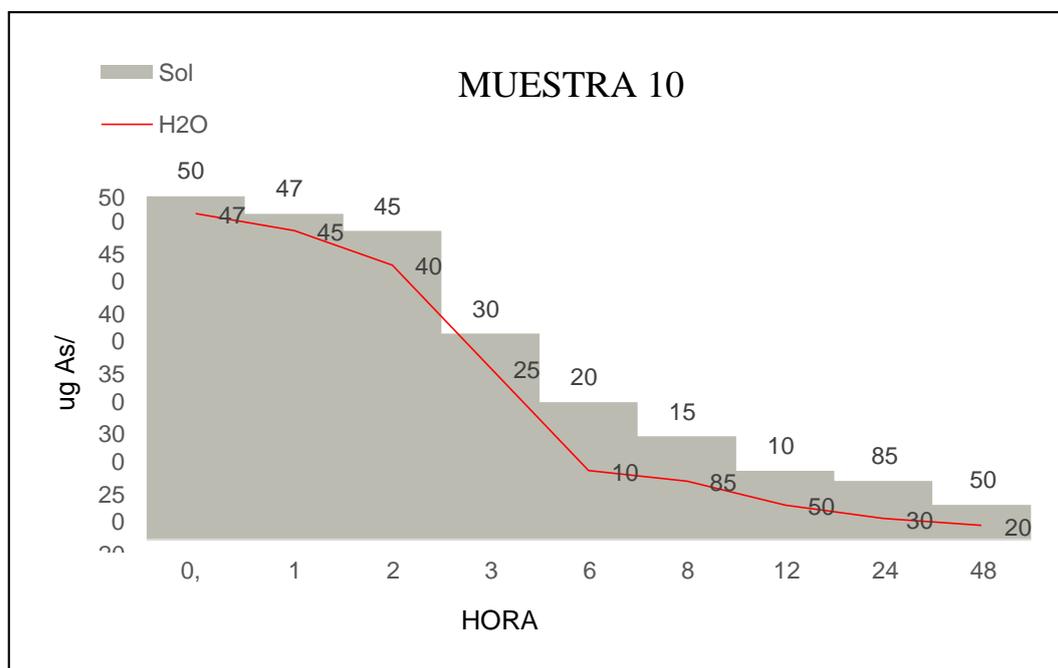
Figura 21*Desorción Muestra 8**Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 75% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 33% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

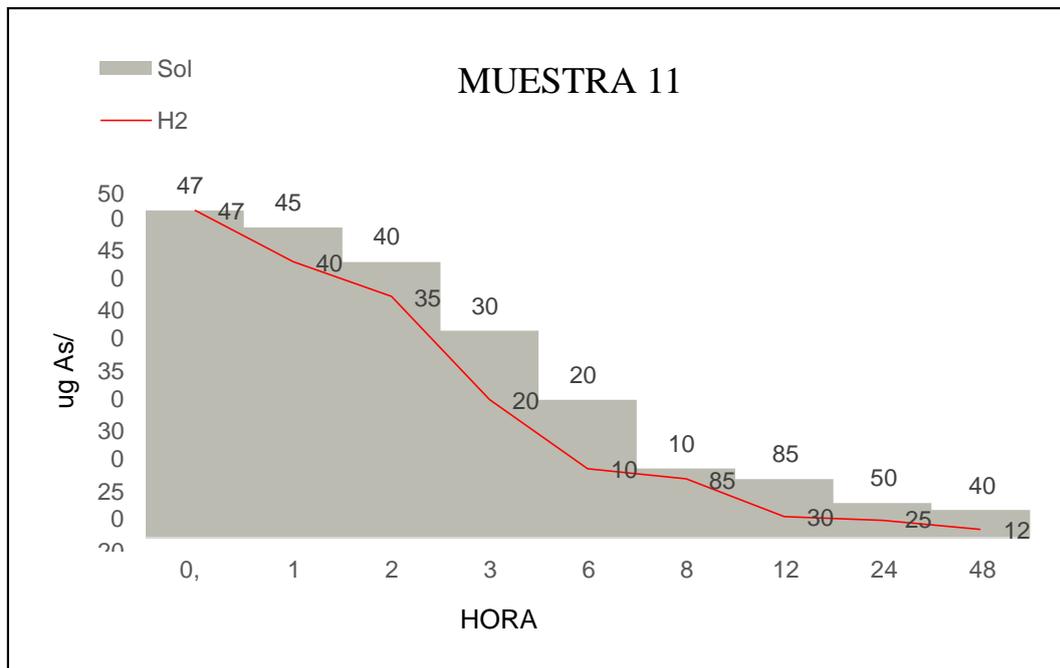
Figura 22*Desorción Muestra 9*

Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.

Los datos señalan diferentes, concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 83% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 85% a 50% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

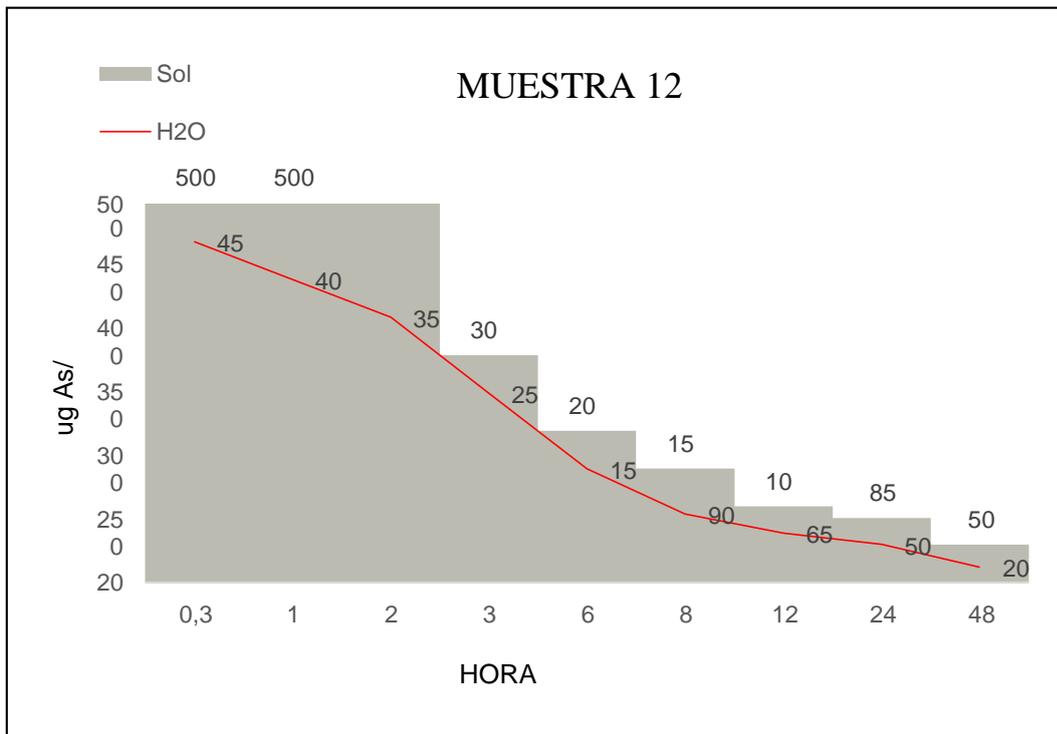
Figura 23*Desorción Muestra 10**Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 83% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 40% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

Figura 24*Desorción Muestra 11*

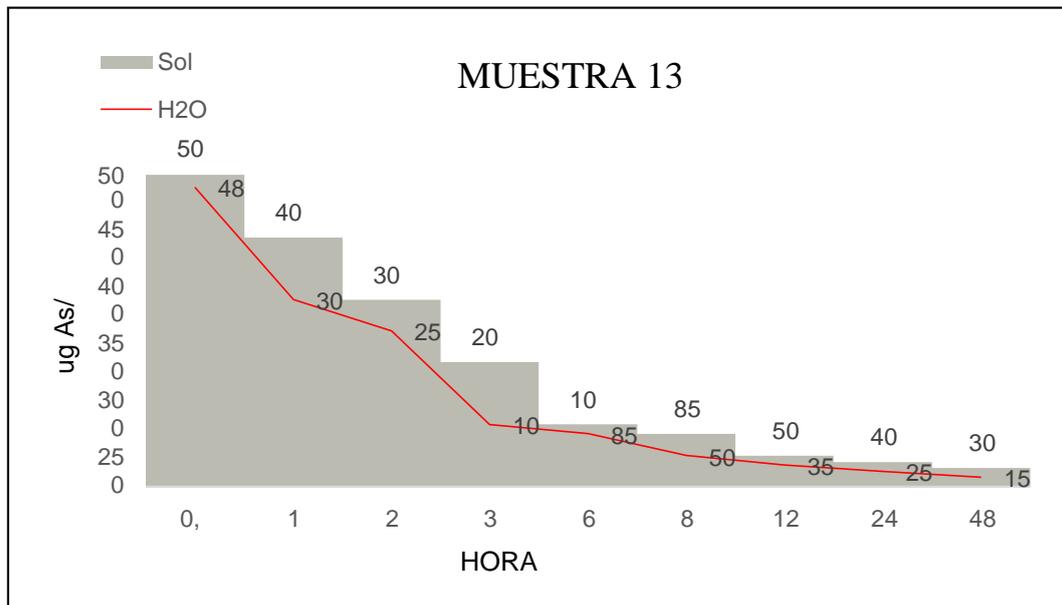
Elaborado por: Codutti Eveling y Toapanta Analhia.

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación lográndose una desorción de 66% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 500,400,300,200 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 50% a 30% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

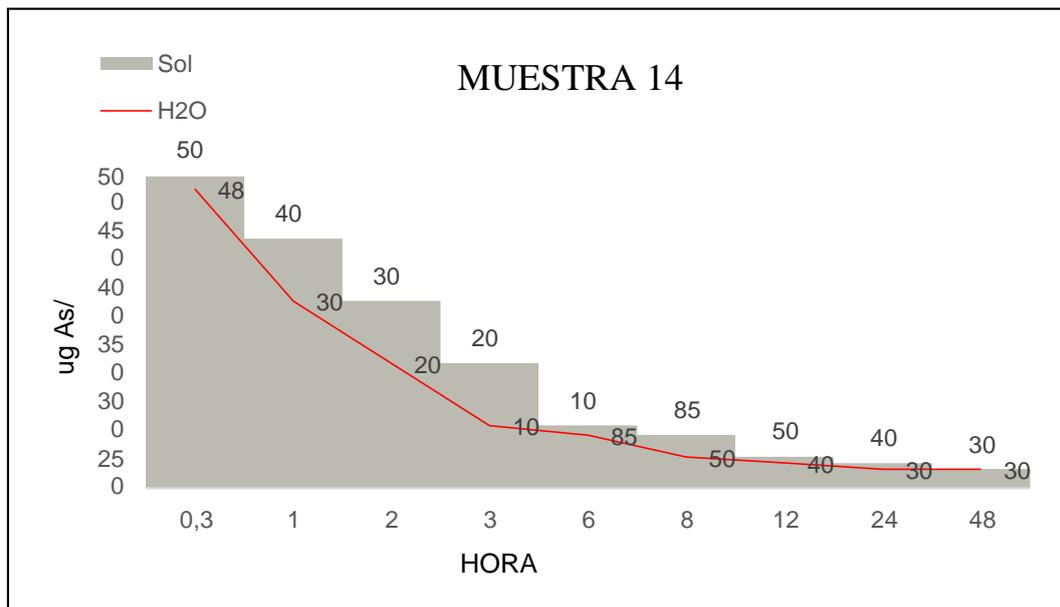
Figura 25*Desorción Muestra 12*

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación, lográndose una desorción de 90% de As previamente adsorbido para las Co de 450,400,350,250 ugAs/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 80% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 150,90,65,50,20 ugAs/l.

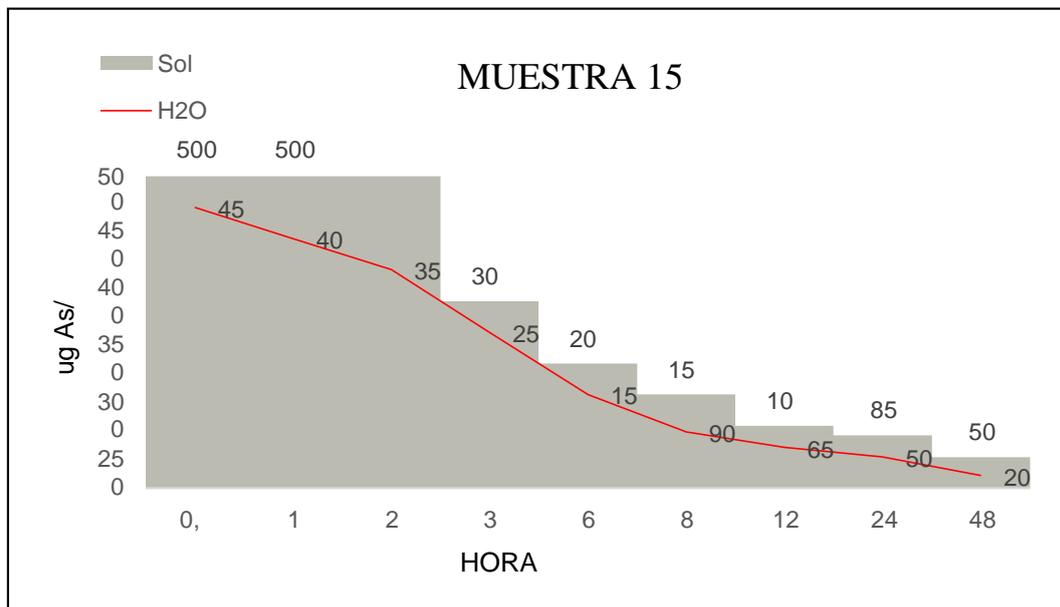
Figura 26*Desorción Muestra 13**Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación, lográndose una desorción de 85% de As previamente adsorbido para las Co de 480,300,250,100 ugAs/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 75% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85,50,25,15 ugAs/l

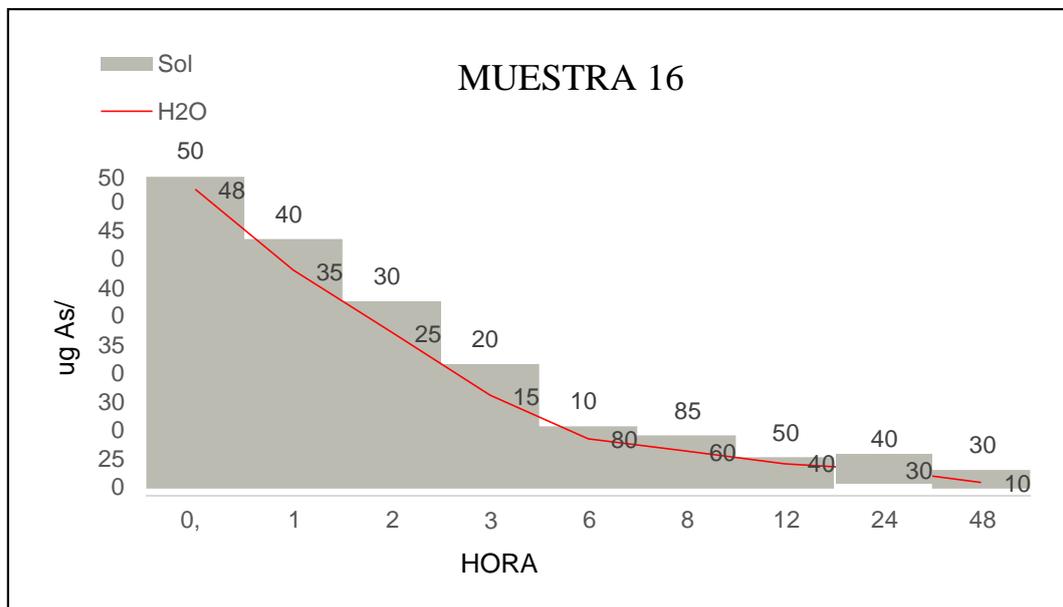
Figura 27*Desorción Muestra 14*

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación, lográndose una desorción de 85% de As previamente adsorbido para las Co de 480,300,250,100 ugAs/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 75% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85,50,25,15 ugAs/l

Figura 28*Desorción Muestra 15**Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación ,lográndose una desorción de 85% de As previamente adsorbido para las Co de 480,300,250,100 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 75% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85,50,25,15 ugAs/l

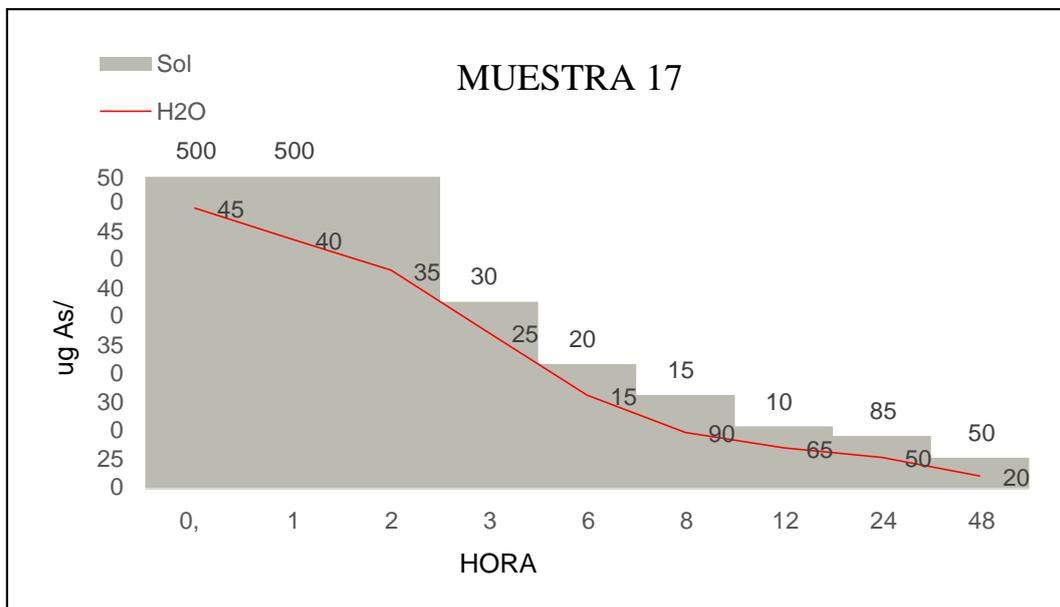
Figura 29*Desorción Muestra 16*

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación ,lográndose una desorción de 90% de As previamente adsorbido para las Co de 480,350,250,150 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 80% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 80,60,40,10ugAs/l.

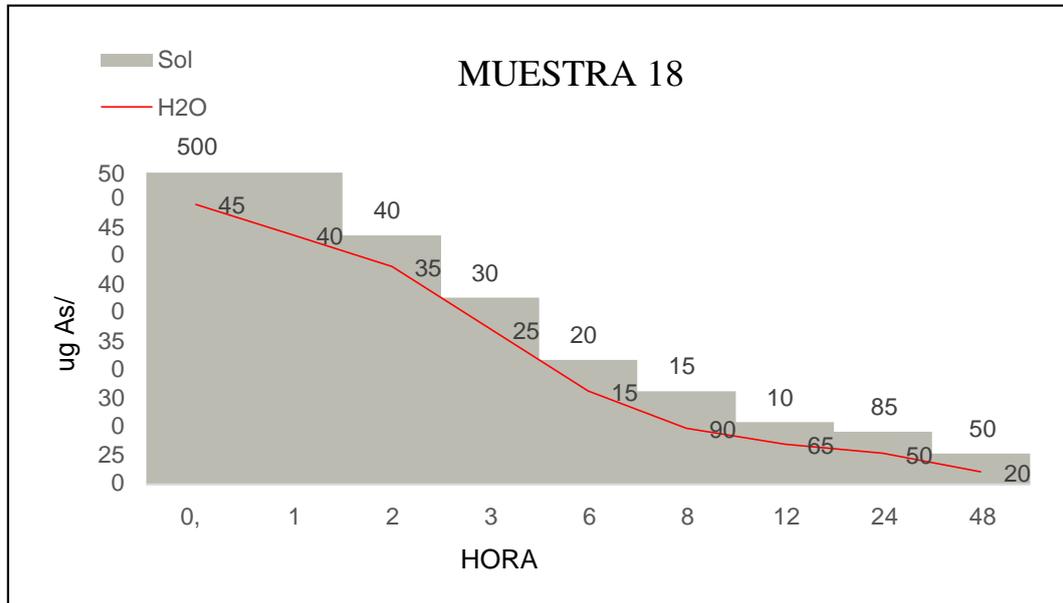
Figura 30

Desorción Muestra 17

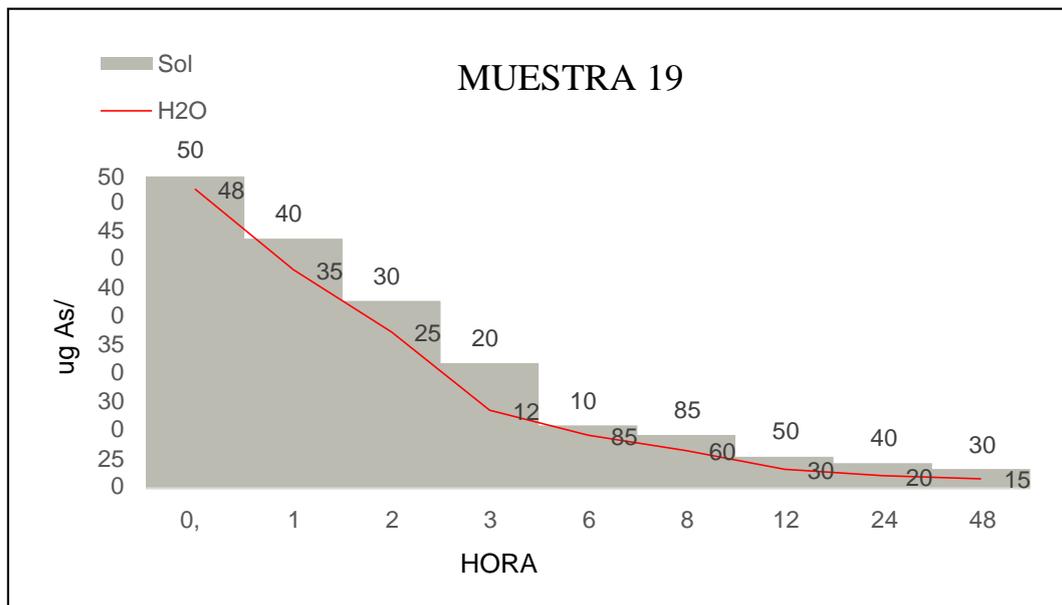


Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación ,lográndose una desorción de 80% de As previamente adsorbido para las Co de 450,400,350,250ugAs/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 75% a 55% de As previamente adsorbido para las Co de 150,90,65,50,20 ug As/l

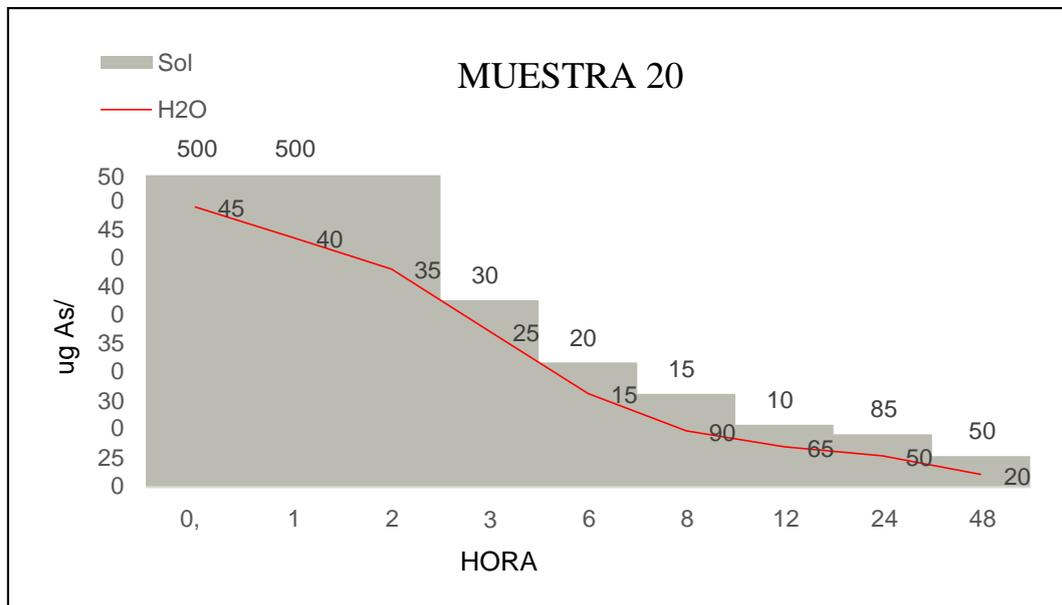
Figura 31*Desorción Muestra 18**Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia*

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación, lográndose una desorción de 85% de As previamente adsorbido para las Co de 450, 400, 350, 250 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 75% a 40% de As previamente adsorbido para las Co de 150, 90, 65, 50, 20 ug As/l.

Figura 32*Desorción Muestra 19*

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min, 1h, 2h, 3h de agitación, lográndose una desorción de 80% de As previamente adsorbido para las Co de 480, 350, 250, 125 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6, 8, 12, 24, 48h de agitación, lográndose una desorción de 70% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85, 60, 30, 20, 15 ug As/l.

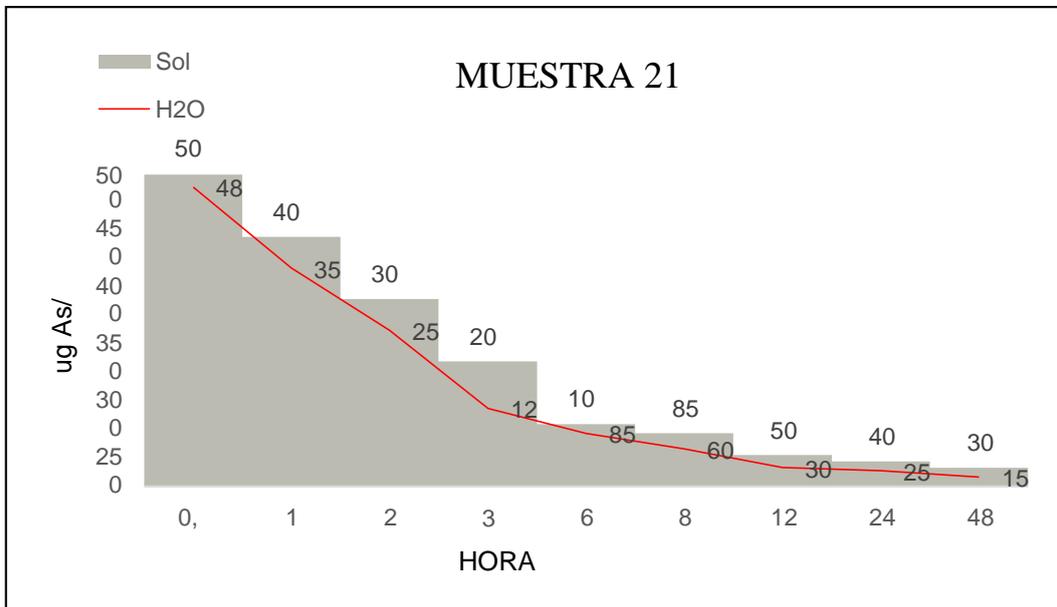
Figura 33*Desorción Muestra 20*

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación ,lográndose una desorción de 75% de As previamente adsorbido para las Co de 450,400,350,250 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 70% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 90,65,50,20 ugAs/l

Figura 34

Desorción Muestra 21

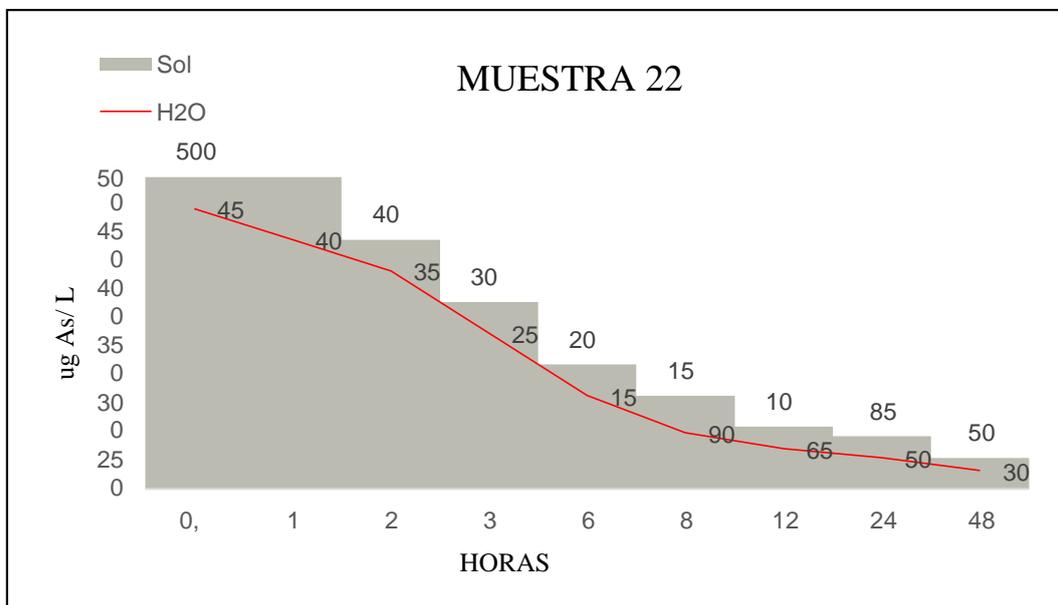


Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación ,lográndose una desorción de 80% de As previamente adsorbido para las Co de 480,350,250,125 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 70% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85,60,30,25,15 ug As/l.

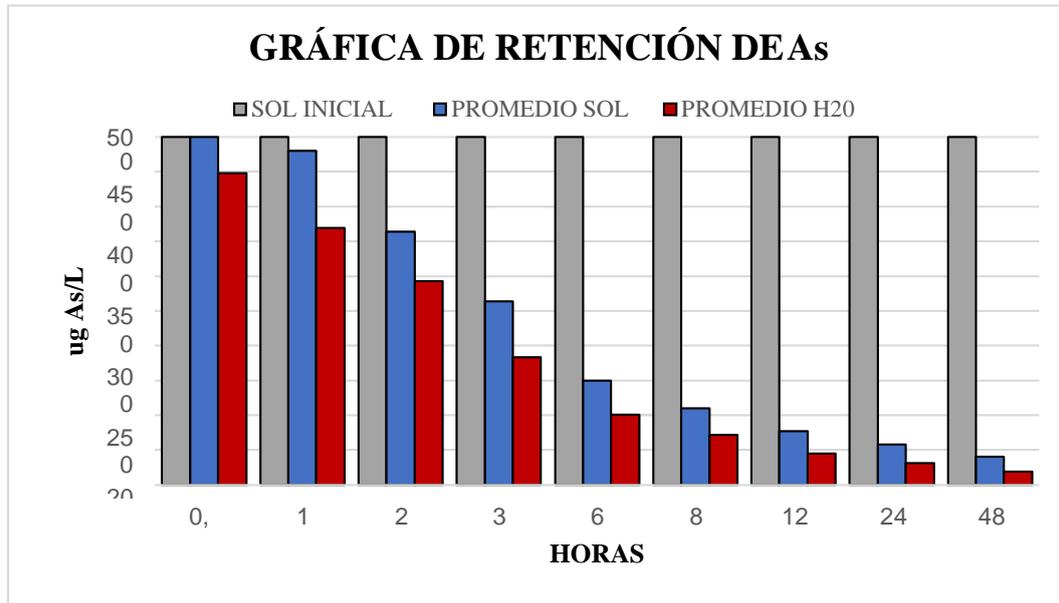
Figura 35

Desorción Muestra 22



Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Los datos señalan diferentes concentraciones de desorción, en las soluciones con mayor concentración de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos en los tiempos establecidos 30min,1h,2h,3h de agitación, lográndose una desorción de 85% de As previamente adsorbido para las Co de 450,400,350,250 ug As/l, en las soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones, luego de la agitación en los tiempos establecidos 6,8,12,24,48h de agitación, lográndose una desorción de 75% a 40% de As previamente adsorbido para las Co de 150,90,65,50,20 ug As/l.

Figura 36*Grafica de retención de As**Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia*

El grafico comparativo indica la concentración inicial , de adsorción y desorción donde se determina que la retención de As para las 4 concentraciones mayores expuestas en los tiempo 0,30 min, 1, 2 y 3 horas una retención de arsénico del 10 % al 31%, por lo tanto no se obtuvo una significativa retención de arsénico, es decir, que no se logró resorber y por tanto el mismo no se podrá aplicar para tratamientos de agua, consecuentemente para las horas intermedias 6 y 8 horas la retención de arsénico fue del 33% al 35% por tanto no se logró una retención significativa de As, en el caso de las concentraciones expuestas a mayor tiempo de agitación 12, 24 y 48 horas se logró una retención de 42% a 53% lo cual aún sigue siendo poco significativo se puede concluir que una fracción importante del As adsorbido no se desorbe en forma rápida y depende de la cantidad adsorbida previamente y de la capacidad del absorbente entre otros factores por lo tanto el suelo de la REI no se considera un buen filtro natural que beneficiaría a las aguas subterráneas.

Gráficas de predicción:

Promedios de desorción para los diferentes puntos Altitudinales.}

Tabla 9

Altitud 4064 a 4100msnm

4064 a4100msnm			
Adsorción	Desorción	Pronostico de Desorción	Incremento ugAs/L
493	487	549	62
452	408	469	61
370	325	384	59
267	183	238	55
167	89	142	53
112	64	116	52
78	36	87	52
58	22	73	51
40	14	65	51

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Figura 37

Grafica predictiva piso altitudinal 4064 a4100msnm



Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

La cantidad máxima de desorción de As en el modelo predictivo para el piso altitudinal que va desde 4064 a 41000 msnm es de 545 ug As /L para tiempos de agitación menores y una mínima de 65 ug As /L para tiempos mayores de agitación.

Tabla 10

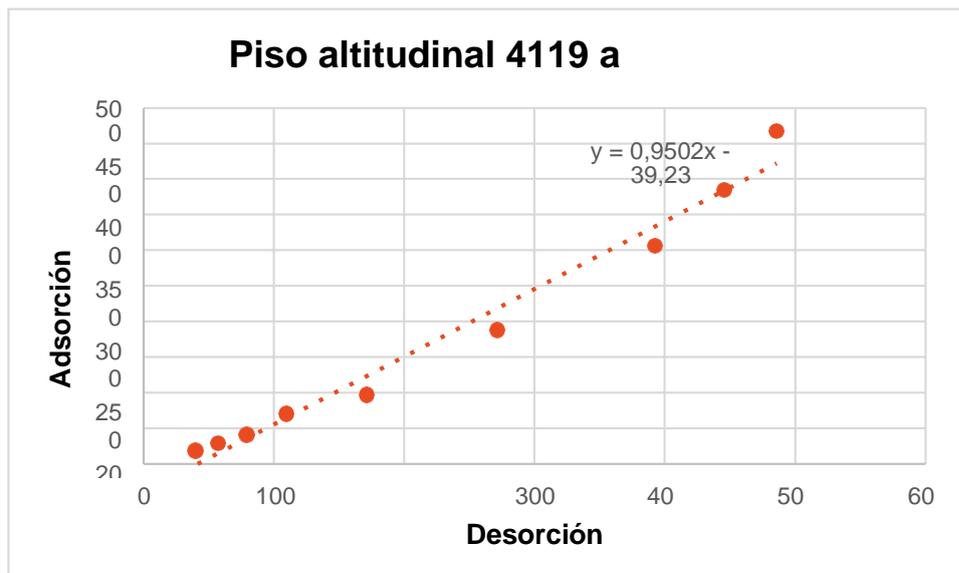
Altitud 4119-4141msnm

4119-4141msnm			
Adsorción	Desorción	Pronostico de desorción	Incremento ugAs/L
486	467	501	34
446	384	463	78
393	306	413	106
271	188	297	110
171	96	202	106
110	70	144	74
79	41	115	74
57	28	94	65
40	18	77	59

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Figura 38

Grafica predictiva piso altitudinal 4119 a 4141msnm



Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

La cantidad máxima de desorción de As en el modelo predicción para el piso altitudinal que va desde 4119 a 4141 msnm es de 501 ug As/L para tiempos de agitación menores y una mínima de 77 ug As /L para tiempos mayores de agitación.

Tabla 11

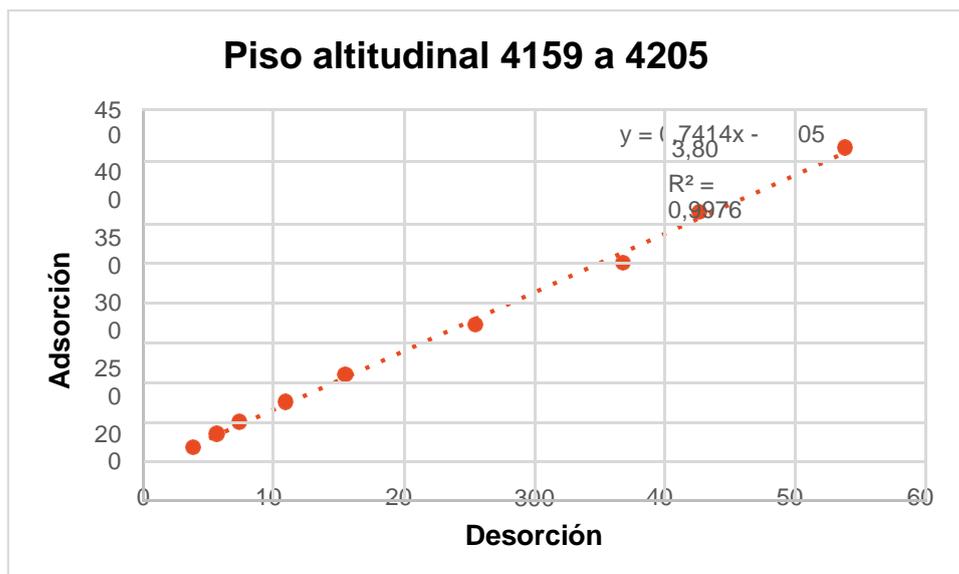
Altitud 4159-4205 msnm

4159-4205 msnm			
Adsorción	Desorción	Pronostico de desorción	Incremento ugAs/L
539	401	403	2
428	320	321	1
369	256	277	21
256	178	193	15
156	115	119	4
110	80	85	5
74	55	59	4
57	40	46	6
39	23	33	10

Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

Figura 39

Grafica predictiva piso altitudinal 4159 a 4205msnm



Elaborado por: Codutti Paulina y Toapanta Analhia

La cantidad máxima de desorción de As en el modelo predictivo para el piso altitudinal que va desde 4159 a 403 msnm es de 501 ug As/L para tiempos de agitación menores y una mínima de 33 ug As /L para tiempos

9.4. *Discusión de Resultados*

Mediante el muestreo de los 22 puntos se pudo determinar el área de estudio que nos permitió obtener muestras significativas para proceder a la experimentación de adsorción y desorción del suelo de la REI.

La experimentación inició con la preparación de la solución donde se observó la escasa solubilidad del arsénico con el agua destilada, mediante la contaminación se pudo evidenciar el efecto de agitación empleado para el adsorbente con la concentración inicial.

Los resultados de la caracterización del adsorbente demuestran que el As tiene una concentración de 175 ug/L, el Fe tiene una concentración de 1276 ppm lo que indica un alto nivel, el Mn 6,59 ppm lo que indica nivel medio, el Mg 0,71 meq/100g lo que indica un nivel alto y sólidos volátiles obtiene un 11,40% de materia orgánica.

Luego del proceso de centrifugado se realizó las mediciones de la concentración de arsénico en el suelo luego de haber contaminado, mediante el test de arsénico con una margen de error del 10% donde se evidencio que en las primeras horas no existió una disminución rápida de la concentración inicial logrando hasta un 70% de remoción y 30% de retención, mientras en las 24 y 48 h se obtuvo una remoción de hasta un 50% y 50% de retención de la concentración inicial, teniendo en cuenta que el suelo de la Reserva Ecológica Los Ilinizas ya posee arsénico en forma natural y un pH de 8 que es medio alcalino.

Mínguez (2015) afirma en su proyecto de investigación “ECOTOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO EN LOS SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID” que: En los suelos que tienen un pH bajo (donde las cargas positivas predominan), las condiciones pueden favorecer la retención de As.

Baño (2012) afirma en su proyecto de investigación “FACTORES QUE AFECTAN A LA MOVILIDAD DEL ARSÉNICO EN LOS SUELOS” que: El pH es uno de los principales factores que afecta a la disponibilidad. La movilidad de As aumenta en suelos con $\text{pH} > 7$ y en cambio es bastante inmóvil en suelos ácidos.

Los resultados de los experimentos de adsorción sometidos a las horas de agitación como se observa en la Fig. 33 para las primeras horas de agitación (0,30 min, 1, 2, 3, 6 y 8 h) se evidenció una retención del 10% al 35% de retención de arsénico, esto quiere decir que no se logró desorber la concentración de arsénico por lo tanto para las horas de 12, 24 y 48 h de agitación se logró retener de un 40% a 50%.

De acuerdo a las gráficas predictivas se determinó que para el piso altitudinal de 4064 a 4100 msnm su máxima desorción es de 62 ug As/L previamente a lo desorbido, para el piso altitudinal que va desde 4119 hasta 4141msnm su máxima desorción es de 110 ug As/L previamente a lo desorbido y para el piso más alto de 4159 hasta 4205 msnm su máxima desorción es de 21 ug As/L con un margen de error típico de 24%.

Sánchez (2017) en su proyecto de investigación “MODELAMIENTO DE LA RETENCIÓN DE ARSÉNICO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN TECNOSOLES EN CONJUNTO CON NANOPARTÍCULAS EN AGUAS PROVENIENTES DE MINERÍA”. Determina que el proceso de retención del As aumenta de manera gradual al actuar en conjunto suelo, solución y tiempo de agitación, es decir que a mayor tiempo de agitación existiría una mejor retención de arsénico. Esto es beneficioso para cuando se vaya a realizar la aplicación en campo para tratamiento de aguas subterráneas.

Griffa, Boglio, Panigatti, Keller y Allegrini (2017) en su artículo de investigación “ESTUDIO DE LA ADSORCIÓN DE ARSÉNICO EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE MISIONES” en su estudio realizado trabajo con varios tipos de concentraciones donde en concentraciones menores de arsénico no se detectó presencia de arsénico luego d 24 horas de agitación de adsorbente (agua destilada), para las concentraciones mayores se obtuvieron desorciones luego de 24 horas de agitación lográndose una considerada desorción de 15% al 24% con esto se puede concluir que una fracción importante de arsénico adsorbido no se desorbe en forma rápida y dependiendo de la cantidad adsorbida previamente y de la capacidad del adsorbente.

Por lo tanto, el efecto de la desorción de arsénico en la REI demuestra que el suelo no tiene una capacidad optima de retención de arsénico por el cual no sería considerado como un filtro natural dejando en riesgo que la concentración de arsénico pueda acumularse y transferirse a las aguas subterráneas afectando a los seres vivos que se beneficien de los recursos de esta reserva.

10. IMPACTOS

10.1. Ambientales

El arsénico es uno de los metaloides más tóxicos presentes en el medio ambiente y la especiación de éste depende de diversos factores químicos, físicos y biológicos., Este proyecto de investigación , trata sobre el impacto que tiene la adsorción y desorción de arsénico, en el medio ambiente, el riesgo que representa la para el suelo , para así poder aplicar mecanismos bioquímicos microbianos para la oxidación del arsenito, disminuir su toxicidad ,mediante el desarrollo de estrategias limpias y amigables con el medio ambiente para la remoción de arsénico de aguas y suelos contaminados.

10.2. Sociales

La presencia de As en REI, es en forma natural, ya que brota de vertientes de zonas volcánicas, si el volumen de este metaloide se encontrara en mayor cantidad, puede volverse toxico, el cual puede afectar a las 15 vertientes del Iliniza sur, donde se provee alrededor de 20000 habitantes de la zona. Ya que el agua proveniente de las vertientes naturales de la REI, son utilizadas para el consumo humano y para el riego agrícola, por ello podría afectar a la calidad del suelo de los alrededores. Mediante esta investigación y los datos obtenidos se podrá desarrollar estrategias para posibles contaminaciones por este metaloide, el cual es una amenaza para los habitantes de los alrededores de la REI.

11. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 12

Presupuesto para la elaboración del proyecto

RECURSOS	DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Humano	Investigador			
	Tutor			
Muestreo				
Transporte		8	\$ 20.00	\$ 160.00
Instrumentos	GPS	1	\$ 7.00	\$ 7.00
	Pala	1	\$ 0	\$ 0
	Fundas Ziploc	22	\$ 0.25	\$ 5.50
Laboratorio				
Transporte		8	\$ 40.00	\$ 320.00
Análisis	pH	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Manganeso	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Hierro	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Aluminio	22	\$ 140.00	\$ 3080.00
	Sólidos Volátiles	22	\$ 16.90	\$ 371.8
	Límites de Atteberg	22	\$ 55.44	\$ 1219.68
Instrumentos de Laboratorio	Tubos Falcom	42	\$ 0.75	\$ 15.00
	Erlenmeyer	10	\$ 4.50	\$ 45.00
	Vaso de Precipitación	1	\$ 0	\$ 0
	Espátula	1	\$ 0	\$ 0
Reactivos	As	1	\$ 155.30	\$ 155.30
	Agua Destilada	6	\$ 2.50	\$ 15.00
Equipos	Centrifuga	1	\$ 0	\$ 0
	Estufa	1	\$ 0	\$ 0
	Balanza	1	\$ 0	\$ 0
	Agitadores	1	\$ 0	\$ 0
SUBTOTAL				\$ 7967.62
10 % DE IMPREVISTOS				\$ 20.00
TOTAL				\$ 7987.62

Elaborado por: grupo de trabajo.

12. CONCLUSIONES

- El área de influencia se encuentra en el Iliniza sur que va entre alturas de 4141 a 4065 msnm que forma parte de la reserva Ecológica Los Ilinizas, está dentro de la cuenca del Río Pastaza y microcuenca del Cunuyacu, de aquí se forman dos vertientes volcánicas que forman parte del afluente del río Blanco que atraviesa la parroquia de San Juan de Pastocalle.
- En la Reserva Ecológica Los Ilinizas por factores de actividad volcánica la concentración de arsénico varía entre 40 a 50 ug/L, datos arrojados según el test de colorímetro del kit de arsénico y las características del suelo del área de estudio es 1% de grava, 64% de arena y 34% fino, para el pH en rangos de 5 a 8, sólidos volátiles 11,40% de materia orgánica, hierro 2000 alto, magnesio 1 bajo, manganeso 0,1 bajo, calcio 0,02 bajo, cobre 0,02 bajo y aluminio con una concentración de 12.5 alto.
- Se concluye que el suelo presente en la Reserva Ecológica Los Ilinizas no es un gran retenedor de arsénico ya que el pH del suelo es bajo entre 5 y 8 y esto puede no favorecer la retención de As ya que el pH es considerado moderadamente ácido, por tanto, el mismo no es de gran ayuda, ya que no es un buen filtro natural que beneficie a las aguas subterráneas, la movilidad de arsénico en el suelo varía ya que en la parte alta y media el pH va desde 5,61 a 5,97 y la movilidad sería menor, y en áreas bajas con un pH de 8,19 sería mayor ya que la movilidad de As aumenta en suelos con $\text{pH} > 7$.
- Por medio de las gráficas comparativas se determinó que hubo hasta un 70% de desorción y un 30% de retención de arsénico, por lo tanto, el suelo de la Reserva Ecológica Los Ilinizas no es un buen retenedor natural podemos concluir que la retención del arsénico en el suelo varía con relación al tiempo de agitación y por el pH moderadamente ácido presente en el suelo muestra una retención baja siendo un factor que influye en la movilización de arsénico en el suelo de la Reserva.
- La experimentación de diferentes muestras de suelo de la REI exhibe la capacidad de retención de arsénico de las mismas, mediante las gráficas comparativas mismas que arrojan porcentajes poco significativos que puedan beneficiar a aguas subterráneas, pudiendo así el As moverse y transferirse a estas aguas las pueden entrar en la cadena trófica.

- Por medio de las gráficas de predicción en las cuales se han aplicado diferentes horas de agitación en las muestras tomadas de suelo, podemos concluir que la retención del arsénico en el suelo varía con relación al tiempo de agitación, pero la retención es escasa para considerar al mismo como puntos viables para tratamiento de aguas.
- Las gráficas predictivas determinan que existe un incremento de desorción previamente a lo desorbido, siendo mayor para los pisos altitudinales de 4064 a 4100 msnm, por lo tanto, no existe una buena retención de arsénico y no sería factible su uso como filtro natural de purificación de aguas subterráneas.

13. RECOMENDACIONES

- Motivar a la comunidad educativa y científica de la UTC a indagar más sobre retención de arsénico en el suelo de la REI, ya que en los suelos de la reserva hay presencia de arsénico en forma natural, mismo que puede mobilizarse y transfiriéndose a las aguas subterráneas que al concentrarse pueden ser tóxicas afectando a la cadena trófica de la reserva.
- Se recomienda también un análisis de agua superficial que se encuentran en el área de muestro de tal manera que se pueda identificar diferentes factores que influyan en la retención de arsénico en el suelo de la REI.
- Se recomienda en futuros proyectos de investigación de retención de arsénico incluir esta área y otras de la REI ya que esta es muy grande y otras áreas pueden arrojar resultados diferentes que beneficien estos estudios.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Baño, I. F. (2012). FACTORES QUE AFECTAN A LA MOVILIDAD DEL ARSÉNICO EN LOS SUELOS. Sevilla.
- Mínguez, I. P. (2015). ECOTOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID. Madrid.
- LA HORA (2018). “*ARSÉNICO CONTAMINA EL AGUA DE LAS PARROQUIAS*”. Obtenido y disponible en <https://lahora.com.ec/cotopaxi/noticia/1102201549/arsenico-contamina-el-agua-de-las-parroquias->
- Jiménez P (2018). “*IMPACTO DEL ARSÉNICO EN EL AMBIENTE Y SU TRANSFORMACIÓN POR MICROORGANISMOS*”. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19760/1/CD-9167.pdf>
- Montaño & Montañez (2018) “*IMPACTO DEL ARSÉNICO EN EL AMBIENTE Y SU TRANSFORMACIÓN POR MICROORGANISMOS*”. Artículo Científico Obtenido de <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v33n2/2395-8030-tl-33-02-00103.pdf>
- Pérez I (2015). “*ECOTOXICOLOGÍA DEL ARSÉNICO EN SUELOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID*”. Obtenido de <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/ISMAEL%20PEREZ%20MINGUEZ.pdf>
- Pinto & Torres (2014). “*CONTROL ANALÍTICO Y TRATAMIENTO DE CONTAMINANTES METÁLICOS ARSÉNICO Y PLOMO MEDIANTE UNA COLUMNA DE ADSORCIÓN EN LA FABRICACIÓN DE PLÁSTICOS A BASE DE PVC-U*”. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/3994>
- Ansorena, J. 2005. FERTILIDAD DEL SUELO: ACIDEZ Y COMPLEJO DE CAMBIO. Laboratorio agrario diputación foral de gipuzkoa. (En línea). Consultado 23 de Julio. 2020. Formato PDF. Recuperado en <http://blog.ucc.edu>.
- Blanco, J. 2006. MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO. (En línea). ICA. Consultado el 23 de julio. 2020. Formato PDF. Recuperado de: <http://www.agronet.gov>.
- Báscones, E. 2005. ANÁLISIS DE SUELO Y CONSEJOS DE ABONADO. p 10. (En línea). INEA. Consultado el 24 de jul. 2020. Formato PDF. Recuperado de <http://www.larioja.org>
- Bundschuh, J., Carrera, A. P., & Litter., M. (2006). Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. CYTED.

- Calvache, M. 2009. CURSO DE FÍSICA DE SUELOS. Quito, EC. Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. p. 20.
- Casanova, E. 2005. INTRODUCCIÓN A LA CIENCIA DEL SUELO. UCV- CDCH. Editorial torino caracas, VE. p 393.
- Clunes, J; Navarro, J y Pinochet, D. 2014. VARIACIÓN TEMPORAL DEL CONTENIDO DE MATERIA ORGÁNICA EN DOS SUELOS VOLCÁNICOS BAJO DIFERENTES MANEJOS AGRÍCOLAS. Independencia Valdivia, Chile. Revista Agro Sur. 42 (3).
- Cacuango, D. 2013. DIAGNÓSTICO DE LA FERTILIDAD DEL SUELO EN LAS UNIDADES PRODUCTORAS REFERENCIALES, EN SIETE BARRIOS Y UNA COMUNIDAD EN LA PARTE BAJA DE LA PARROQUIA LA ESPERANZA DEL CANTÓN PEDRO MONCAYO. Tesis. Ing. Agropecuario. UPS. Quito- EC. p 88.
- De Noni, G y Trujillo, G. 2008. DEGRADACIÓN DEL SUELO EN EL ECUADOR. (En línea). EC. Consultado el 23 de julio. 2020. Formato PDF. Recuperado de en <http://horizon.documentation.ird>.
- De la rosa, D. 2008. EVALUACIÓN AGRO -ECOLÓGICA DE SUELOS PARA UN DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE. Madrid, ES. Mundi - Prensa. p. 45.
- Domingo Alberto, S. (2012). Técnica de toma y remisión de muestras de suelo. E.E.A. Cerro Azul: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- (MAE), M. d. (2015). Reserva Ecológica Los Illinizas.
- ALFARO, J. D. (2016). DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE DEL CANTÓN DEL GRECIA. Alajuela, Costa Rica. E.E.A. Cerro Azul: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.
- Figuroa, M. L., & Rodríguez., B. L. (2008). Cinética e isothermas de adsorción de Pb (II) en suelo de Monterrey. Mexico: Facultad de Ingeniería, UAEM.
- Griffa, Boglione, Panigatti, Keller, & Allegrini. (2017). ESTUDIO DE LA ADSORCIÓN DE ARSÉNICO EN SUELOS DE LA PROVINCIA DE MISIONES. Santa Fe.
- Hernández, Y. M., García, Y. N., & Calvache., J. E. (2019). Algoritmo de Matlab® para calcular isothermas de adsorción de Langmuir de ácidos carboxílicos sobre carbón activado o Amberlite IRA 67 como adsorbentes sólidos. Colombia: Universidad América.
- Llano, F. G., & Mora, W. D. (2018). Propuesta de delimitación de la frontera agrícola en la reserva ecológica Los Illinizas, parroquia El Chaupi, Cantón Mejía. Machachi.

- Martinez, L. D., & Gasquez, J. A. (2005). DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS: DIFERENTES TÉCNICAS Y METODOLOGÍAS. San Luis, Argentina: Area de Química Analítica. Facultad de Química Bioquímica y Farmacia.
- Minera, G. N. (2014). GEOLOGÍA, Muestreo de suelos. Quito.
- Montoya, E. A., Hernández, L. E., Escareño, M. P., & Balagurusamy., N. (2015). Impact of arsenic on the environment and its microbial transformation. Coahuila.
- Patricia, S. G. (2017). MODELAMIENTO DE LA RETENCIÓN DE ARSÉNICO POR MEDIO DE LA APLICACIÓN TECNOSOLAS EN CONJUNTO CON NANOPARTÍCULAS EN AGUAS PROVENIENTES DE MINERÍA. Sangolquí.
- PIEDRA, A. C. (2014). LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y EL MAPEO PARTICIPATIVO APLICADOS EN UNA PROPUESTA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES DE MONTAÑA EN LOS ILINIZAS. Quito.
- Sandoval-Ibarra, F. D., López-Cervantes, J. L., & Gracia-Fadrique., J. (2015). Langmuir's Equation for simple liquids and surfactants. México.
- Superficies sólidas: adsorción y catálisis heterogénea. (s.f.).
- Trejos, P. S. (2008). Validación de la metodología para determinación cuantitativa de arsénico en aguas potables por generación de hidruros. Costa Rica.
- García, S. (2013). ESTUDIOS DE ESPECIACIÓN DE ARSÉNICO Y ACUMULACIÓN DE METALES EN MUESTRAS DE INTERÉS MEDIOAMBIENTAL. Tesis doctoral.Universidad Politécnica de Madrid.

ANEXOS

ANEXO 1: Datos Auxiliares

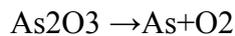
Transformación de unidades y cálculos previos para el estudio.

Límites permisibles Acuerdo ministerial 097 A 12 mg/kg

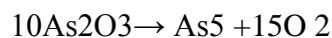
$$12\text{mg} * \frac{1}{1000} = 0.012 \text{ kg}$$

Obtención del mecanismo de reacción

Para ello se realizó la reacción del As_2O_3 luego de su igualación que corresponde a una reacción de reducción oxidación (redox)



Tenemos Oxido de As (III) reacciona en arsénico (V) que es el componente reductor y oxígeno como componente que se oxida, por lo cual se recurre al balanceo de la ecuación por el método de tanteo.



Peso molecular del compuesto

$$\text{PM}(\text{As}_2\text{O}_3) = 149,84 \text{ g mol}^{-1} \quad (\text{As}_2) + 47,97 \text{ g mol}^{-1}(\text{O}_3) = 197,81 \text{ g mol}^{-1}$$

Preparación de la solución

$$\frac{149,84 \text{ g mol}^{-1} + 197,81 \text{ g mol}^{-1}}{149,84 \text{ g mol}^{-1} + 197,81 \text{ g mol}^{-1}} = 1,32 \text{ g mol}^{-1} = 1,32 \text{ g mol}^{-1} * 1000 \text{ (g mol}^{-1})$$

Se utilizó:

En estado natural se obtiene $175\mu\text{g} = 0,000175\text{g}$ de

Para la contaminación se utiliza $375\mu\text{g} = 0,000375\text{g}$ de arsénico.

Moles del soluto

$$\begin{aligned} \text{Moles} &= \frac{\text{masa}}{\text{masa molar}} = \frac{0,000375\text{g}}{197,81\text{g/mol}} = 1,89 \times 10^{-6}\text{mol} \\ \text{Moles} &= 0,000375\text{g} \cdot \frac{1\text{mol}}{197,81\text{g}} = 1,89 \times 10^{-6}\text{mol} \end{aligned}$$

ANEXO 2: Fotografía del camino de ingreso al Illiniza sur.

Fotografía A Y B muestran el estado de los caminos de ingreso al Illiniza sur ya que con esto se mantiene la naturaleza del lugar y se evita diferentes tipos de contaminación.

ANEXO 3: Ingreso por senderos al Illiniza sur.

Fotografía muestra el ingreso a las diferentes áreas del Illiniza sur.

ANEXO 4: Recolección de muestras de los suelos de la reserva.

Imagen A y B expresan muestreo de suelo en el Illiniza sur.

ANEXO 5: Equipo de trabajo.

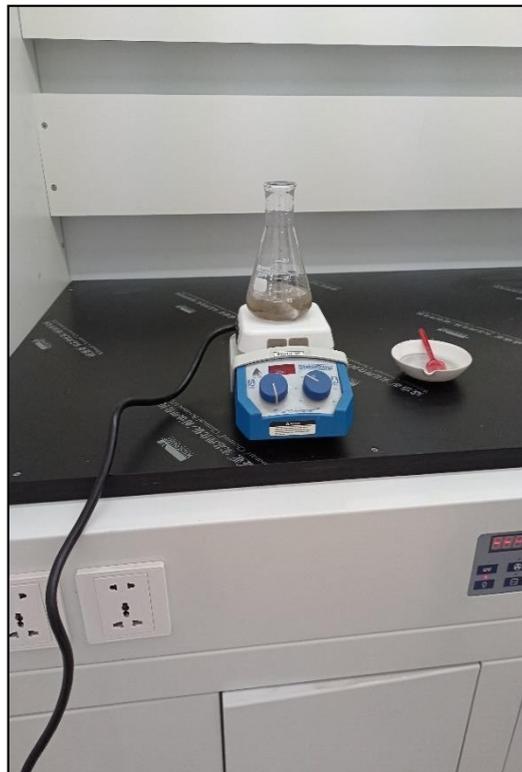
La



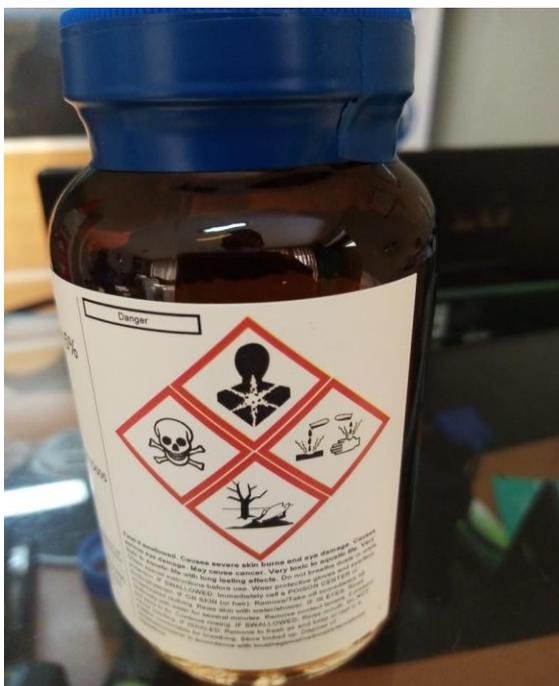
ANEXO 6: Contaminación de muestra con arsénico y proceso para análisis de adsorción y desorción.



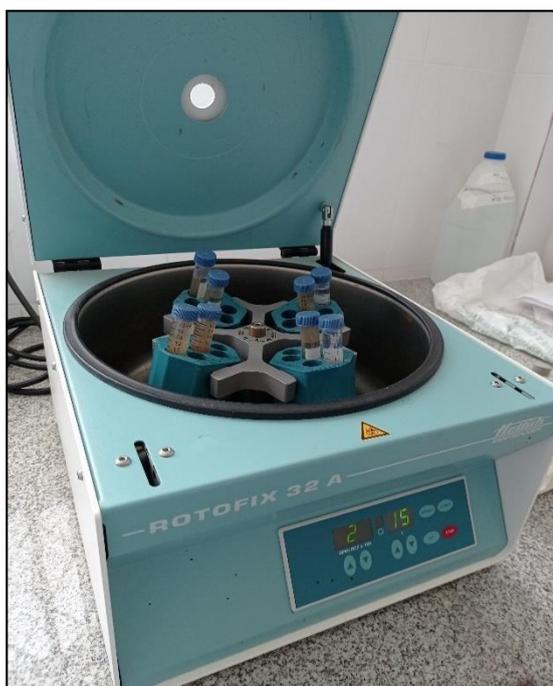
A: Preparación de solución de As.



B: Agitación de las muestras contaminadas.



C: Simbología de arsénico usado.



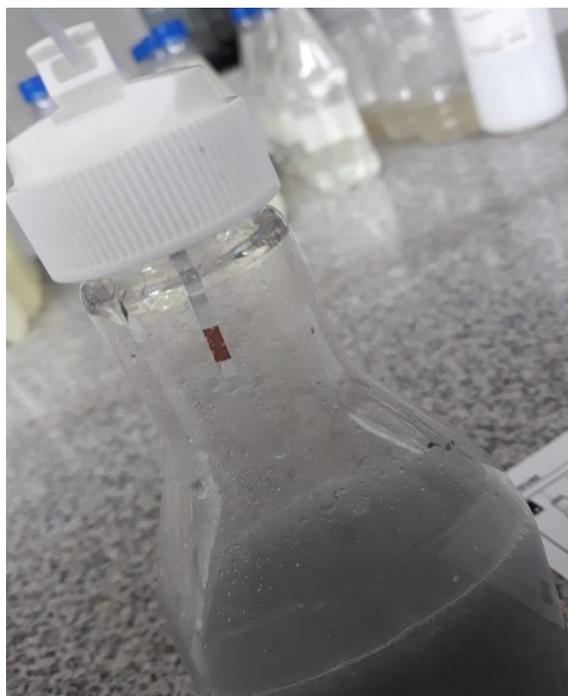
D: Centrifugación de muestras.

ANEXO 7: Análisis de adsorción y desorción de arsénico

A: Equipo de análisis de arsénico.



B: Análisis de adsorción y desorción.



C: Resultado arrojado por análisis de muestra de suelo de 0.30 min.

ANEXO 8: Aval de traducción



CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por las señoras: CODUTTI USHEÑA EVELING PAULINA y TOAPANTA MACAS ANALHIA BETZABETH, Egresadas de la Carrera de INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE de la FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES, cuyo título versa "ELABORACIÓN DE GRÁFICAS DE PREDICCIÓN PARA LA RETENCIÓN DE ARSÉNICO EN EL SUELO DEL LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 20-21.", lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

Mg. Marco Paul Beltran Semblantes
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502666514

1803027935 Firmado
digitalmente por
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.08
15:01:54 -05'00'