



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL
CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR
MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS
Y AGUA.”**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingenieros Ambientales

Autores:

Davalos Constante Mateo Esteban
Manobanda Tiban Steven Fernando

Tutor:

Agreda Oña José Luis

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2024

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Mateo Esteban Dávalos Constante, con cédula de ciudadanía No. 0504350539, Steven Fernando Manobanda Tiban, con cédula de ciudadanía No. 1850930981 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “ANÁLISIS LITOLÓGICO EN LOS SUELOS DEL CAMPUS EXPERIMENTAL SALACHE PARA DETERMINAR INSUMOS EN LA RECUPERACIÓN DE SUELOS Y AGUA DURANTE DEL PERIODO 2024- 2024.”**, siendo el Ing. Jose Luis Agreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 12 del agosto del 2024



Firma
Mateo Esteban Dávalos Constante
C.C: 0504350539



Firma
Manobanda Tiban Steven Fernando
C.C: 1850930981

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 **DAVALOS CONSTANTE MATEO ESTEBAN** identificado con cédula de ciudadanía **0504350539** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA.**”, 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: octubre 2020 - marzo 2021

Finalización de la carrera: abril – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. José Luis Agreda Oña

Tema: “**ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA**”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de agosto del 2024.

Firma

Davalos Constante Mateo Esteban

EL CEDENTE

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.

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 **MANOBANDA TIBAN STEVEN FERNANDO**, identificado con cédula de ciudadanía **1850930981** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, la Doctora Idalia Eleonora Pacheco Tigselema, en calidad de Rectora, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Ambiental, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA.**”, 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: octubre 2020 - marzo 2021

Finalización de la carrera: abril – agosto 2024

Aprobación en Consejo Directivo: 29 de febrero del 2024

Tutor: Ing. José Luis Agreda Oña, Mg.

Tema: “**ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA.**”

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 12 días del mes de agosto del 2024



Manobanda Tiban Steven Fernando
EL CEDENTE

Ing. Idalia Pacheco Tigselema Ph.D.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título: **“ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA.”**, de Dávalos Constante Mateo Esteban; Manobanda Tiban Steven Fernando, de la carrera de Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 12 de agosto del 2024



Firma
Ing. José Luis Agreda Oña
C.C.: 0401332101


TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

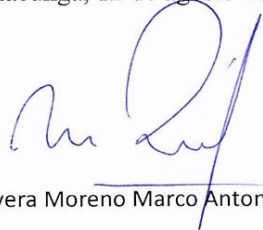
En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Davalos Constante Mateo Esteban; Manobanda Tiban Steven Fernando, con el título del Proyecto de Investigación (según corresponda: caso de estudio, propuesta tecnológica, etc.): **“ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA.”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

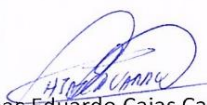
Latacunga, 12 de agosto del 2024



Ing. Vladimir Marcom Ortiz Bustamante, Mg.
C.C: 0502188451
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Rivera Moreno Marco Antonio, Mg.
C.C: 0501518955
LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Isaac Eduardo Cajas Cayo, Mg.
C.C: 0502205164
LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme culminar con bien la carrera profesional la cual nos bendice cada día para ir superándonos en cada triunfo que se logre.

El Resultado de culminar de la tesis la debo mucho a docentes que gracias a ellos se obtuvo conocimientos durante todo el trayecto de la vida universitaria la cual ellos brindaron su amistad durante todo este trayecto universitario.

Agradecimiento a mis amigos por los momentos compartidos durante el trayecto de todos los ciclos académicos.

Mateo Esteban Davalos Constante

AGRADECIMIENTO

La culminación de esta tesis es el resultado de todo mi esfuerzo, dedicación y el tiempo que le he dado a mis estudios, pero también del apoyo incondicional de cada una de las personas que han estado a mi lado durante estos años de carrera. Quiero dedicar unas palabras de agradecimiento a cada una de ellas.

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a toda mi familia en especial a mis padres Ángel y María por su amor incondicional, por brindarme su apoyo en todo momento, ellos han sido un pilar fundamental en mi vida universitaria la cual me enseñaron el valor del esfuerzo y dedicación en cada cosa que realice. A mi hermano Luis por ser la persona que me inspiró a seguir adelante con mis estudios.

A mis compañeros de clase un agradecimiento especial, porque han sido un apoyo importante, por todas las experiencias compartidas gracias por las horas de estudio compartidas, por las risas que nunca faltaron y por estar siempre ahí cuando más los necesitaba.

También quiero agradecer profundamente a todos los Ingenieros de cada una de las materias impartidas durante los años de carrera, quienes me han proporcionado los conocimientos necesarios para poder desarrollarme en mi vida profesional.

Mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que me han brindado su apoyo en el transcurso de mis estudios.

Steven Fernando Manobanda Tiban

DEDICATORIA

Dedico este esfuerzo a mis padrinos don David Soria y Inés velastegui por haberme forjado en el día a día para poder luchar y seguir adelante que con su mucha ayuda me pude ir guiando para cumplir unas de las metas más importantes de la vida profesional ya que se aprende con una grande dedicación y trabajo la cual pude llegar a ser la persona que soy.

A David S, Cesar S, Diana S. por darme consejos con brindarme por brindarme las formas de poder trabajar y poder salir adelante, que me enseñaron a ser una persona que es capaz de todo.

Dedico a mi abuelita Nelly P, hermanos, tíos, tías que en el transcurso de mi vida universitarias supieron brindarme apoyo para seguir superándome en mi vida profesional para también crecer en otros ámbitos como ser responsable en la vida.

Mateo Esteban Davalos Constante

DEDICATORIA

Este logro en mi vida se la dedico a Dios quien supo darme salud, vida y las fuerzas para poder salir adelante, a mi familia que con su paciencia y amor me han brindado sus consejos que me han ayudado a crecer como persona y así poder cumplir el sueño de mi vida y como no agradecer a mis amigos por todos los buenos momentos vividos y porque en el transcurso de la carrera hemos sido un gran apoyo para poder lograr esta meta.

Steven Fernando Manobanda Tiban

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “ANÁLISIS LITOLÓGICO DE LA COMPOSICIÓN MINERAL DEL
CAMPUS EXPERIMENTAL CEYPSA PARA DETERMINAR MATERIALES
EDAFOLÓGICOS EN LA REMEDIACIÓN DE SUELOS Y AGUA.”**

AUTORES:

Davalos Constante Mateo Esteban
Manobanda Tiban Steven Fernando

RESUMEN

Los minerales desempeñan un papel crucial en la purificación natural de los suelos y las aguas. El objetivo de esta investigación en lo fundamental fue conocer la litología del campus Salache para determinar insumos ambientales enfocados a la remediación del recurso hídrico y suelo, se probó la capacidad de adsorción de las rocas con iones como calcio, magnesio, potasio, arsénico, que pueden encontrarse en los suelos tanto de forma natural como debido a actividades humanas; y diferentes iones que se encuentran como componentes de las aguas residuales. La metodología para probar el rendimiento de remoción iónico consideró las gráficas de predicción que indican la retención de contaminantes en los suelos. Se trabajó con un tipo de suelo rico en 30% basaltos, 60 % pumina y 10 % de caliza. Para recolectar muestras significativas, se utilizó un muestreo compuesto formando una cuadrícula con una distancia de 100 metros. Se obtuvieron 22 muestras, y luego se evaluó la adsorción de iones en cada suelo a nivel de laboratorio. Cada gramo de muestra de roca se sometió a una solución de 500 µg/L de arsénico, 240 mg/l de Ca, K y Mg durante diferentes intervalos de tiempo para estudiar la adsorción y desorción de los minerales. Los resultados indicaron que existió 70 % de adsorción y un 10 de desorción en los cationes, como el calcio (Ca⁺), magnesio (Mg⁺) y potasio (K⁺⁺), mostrando mejoras de eficiencia hasta del 97 por ciento en remoción.

Palabras claves: suelos, iones, intercambio, desorción, adsorción

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “LITHOLOGICAL ANALYSIS OF THE MINERAL COMPOSITION OF THE CEYPSA EXPERIMENTAL CAMPUS TO DETERMINE EDAPHOLOGICAL MATERIALS IN SOIL AND WATER REMEDIATION.”

Author:

Davalos Constante Mateo Esteban
Manobanda Tiban Steven Fernando

ABSTRACT

Minerals play a crucial role in natural of soil and water purification. The fundamental objective of this research was to know lithology campus Salache to determine environmental inputs focused on remediation of water and soil resources, the adsorption capacity of rocks with ions such as calcium, magnesium, potassium, arsenic, which they can be found in soils both naturally and due to human activities; and different ions were found as components of wastewater. The methodology for testing ionic removal performance demonstrated prediction graphs indicating contaminant retention in soils. A specific study with soil rich in basalt, pumice and limestone was carried out with a type of soil rich in 30% basalt, 60% pumina and 10% limestone. To collect significant samples, composite sampling with a grid of 100m of distance was used to collect representative samples. 22 samples were obtained, and then the ions adsorption in each soil was evaluated at the laboratory level. Each gram of rock sample was subjected to a solution of 500 $\mu\text{g/L}$ arsenic, 240 mg/L Ca, K and Mg for different time intervals to study the adsorption and desorption of minerals. The results indicated 70% adsorption and 10% desorption in cations, such as calcium (Ca^+), magnesium (Mg^+) and potassium (K^{++}), showing efficiency improvements up to 97 percent in removal.

Keywords: soils, ions, cation exchange, desorption, adsorption

ÍNDICE DE CONTENIDO.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	v
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACION	vii
AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
<i>DEDICATORIA</i>	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
ÍNDICE DE CONTENIDO.	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xix
ÍNDICE DE FIGURAS	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS.	5
5.1. Objetivo General	5
5.2. Objetivos Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS CON RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	7
7.1. LITOLOGÍA	7

7.2. ROCAS SEDIMENTARIAS	7
7.3. ROCAS ÍGNEAS	8
7.4. ROCAS USADAS PARA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES.....	8
7.5. CONCEPTO DE SUELO.....	8
7.6. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO.....	9
7.7. ESTRUCTURA DEL SUELO	9
7.8. COMPOSICIÓN DEL SUELO.....	10
7.8.1Propiedades físicas del suelo.....	10
7.8.2Color.....	10
7.8.3Textura.....	11
7.8.4. Estructura.....	11
7.8.5. Capacidad para retener el agua.....	11
7.8.5.Materia orgánica.....	11
7.8.6.Movimiento del agua en el suelo.....	12
7.9. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS IONES DEL SUELO.....	12
7.9.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	12
7.9.2. pH del Suelo.....	13
7.9.3. Fertilidad del suelo	13
7.9.4. Fósforo.....	14
7.10. SUELOS DEL CAMPUS SALACHE.....	14
7.11. HUMEDAD.....	15
7.12. ARSÉNICO.....	15
7.13. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS IONES	16
7.13.1. Toxicidad de las especies de arsénico	16
7.14. CONTAMINACIÓN DE MUESTRAS POR IONES.....	16
7.15. PROCESO DE ADSORCIÓN.....	17
7.16. CONTAMINACIÓN DE SUELO POR METALES PESADOS.....	18

7.17. RESERVA ECOLÓCA LOS ILLINIZAS COMO APORTE FUNDAMENTAL DE ARSÉNICO EN EL CONTEXTO DE LA PROVINCIA.....	19
8. METODOLOGÍA.....	19
8.1. ENFOQUE.....	20
8.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.....	20
8.3.1. Investigación descriptiva.....	20
8.3.2. Investigación bibliográfica.....	20
8.3.3. Investigación de campo.....	20
8.3.4. Investigación analítica.....	20
8.3. MÉTODOS INVESTIGATIVOS.....	21
8.4.1. Método analítico – sintético.....	21
8.4.2. Método inductivo.....	21
8.4.3. Método sistémico.....	21
8.4.4. Método comparativo y triangulación de conceptos.....	21
8.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	21
8.5.1. Observación directa.....	21
8.5.2. Análisis de Datos.....	22
8.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN.....	22
8.6. METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE SUELO Y ROCAS.....	22
8.7.1. Muestreo Compuesto.....	23
8.7.2. Manejo de las muestras.....	23
8.7.3. Pruebas de textura.....	23
8.7.4. Pruebas físico químicas de suelos.....	23
8.7. PREGUNTA CIENTÍFICA.....	23
8.7.1. Respuesta a pregunta científica.....	23
8.8.1 Potencial Hidrógeno.....	24
8.8.2. Sólidos totales disueltos.....	24

8.8.3. Conductividad eléctrica	24
8.8.4. Solución de iones en agua	24
8.8. CARACTERIZACION DEL ADSORBENTE.....	24
8.1.1. Contaminación.....	25
8.1.2. Adsorción	25
8.9. DESORCIÓN IÓNICA	26
8.10. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA Y SUELO	26
9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	27
9.1. CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA.....	27
9.1.1. Diseño de muestreo al exploratorio.....	28
9.2.1. RESULTADOS DISCUTIDOS	34
9.2.2. Variación del potencial hidrógeno con la aplicación de filtros litológicos.	34
9.2.3. Variación de la conductividad la aplicación de filtros litológicos	38
9.2.4. Sólidos totales disueltos (TDS).....	41
9.2. Parámetros de las rocas muestreadas.	45
9.3. CARACTERIZACIÓN DEL ADSORBENTE MINERAL A TRAVÉS DE PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA.	47
9.4. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE EQUILIBRIO	50
9.5. DESORCIÓN DEL ARSÉNICO	51
9.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PORCESOS DE ADSORCIÓN Y DESORCIÓN	52
9.7. ANALISIS EN BASE A LA PREGUNTA CIENTÍFICA	66
IMPACTOS.	67
9.8. AMBIENTALES.....	67
9.9. SOCIALES.....	67
CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES	67
9.10. CONCLUSIONES.....	67

11. RECOMENDACIONES.....	69
12 BIBLIOGRAFÍAS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios de proyecto	3
Tabla 2. Actividades de los objetivos	6
Tabla 3. <i>Instrumentos</i>	22
Tabla 4. Rocas encontradas en el campus Salache	28
Tabla 5 Abundancia de rocas	31
Tabla 6 Identificación Geológica segunda incursión.....	34
Tabla 7 pH de la roca Caliza-sedimentaria	34
Tabla 8. pH de Basalto Metamórfico	35
Tabla 9. pH Basalto- Roca ígnea.....	36
Tabla 10 comparativa de pH.....	37
Tabla 11 conductividad de la roca Caliza- sedimentaria.....	38
Tabla 12 conductividad de la roca Gneis- metamórfica.....	38
Tabla 13 Conductividad de la roca ígnea- Basalto.....	39
Tabla 14 Conductividad de las rocas comparativa.....	40
Tabla 15. Grafica de dispersión.....	40
Tabla 16. Sólidos totales disueltos roca Caliza-Sedimentaria.....	41
Tabla 17 TDS roca Gneis-metamórfica	42
Tabla 18 TDS Basalto- Roca ígnea.....	42
Tabla 19. Solidos totales disueltos en las rocas	43
Tabla 20. Todos los datos obtenidos con el multiparámetro	44
Tabla 21. Los parámetros físico químicos y la abundancia de las rocas	45
Tabla 22 Método de Atteberg, caracterización mecánica edafológica	47
Tabla 23. <i>Análisis de Granulométrico</i>	47
Tabla 24. Resultados de caracterización de aluminio.....	48
Tabla 25. Contenido cualitativo de iones en suelos para su caracterización Relación Adsorción Sodio	49

Tabla 26. Resultados de la medición de las concentraciones de As en las 22 muestras de suelo.....	50
Tabla 27 Resultados de la medición de las concentraciones de desorción de As en las 22 muestras de suelo.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Test de medición de Arsénico	26
Figura 2. Ubicación satelital del área de muestreo.	27
Figura 3. Gráfico de dispersión en base a la repetibilidad del diseño experimental.....	35
Figura 4 Gráfico de dispersión	36
Figura 5. Gráfico de dispersión	36
Figura 6. Grafica de dispersión	37
Figura 7. Grafica de dispersión	38
Figura 8 Gráfica de dispersión	39
Figura 9 Gráfico de dispersión	39
Figura 10Gráfica de dispersión	42
Figura 11Gráfica de dispersión	43
Figura 12 Gráfica de dispersión	44
Figura 13.Gráfica de predicción de desorción Muestra 1 de 30 min a 48 h.	52
Figura 14. Gráfica de predicción de desorción Muestra 2 de 30 min a 48 h.	53
Figura 15Gráfica de predicción de desorción Muestra 3 de 30 min a 48 h.	53
Figura 16. Gráfica de predicción de desorción Muestra 4 de 30 min a 48 h.	54
Figura 17. Gráfica de predicción de desorción Muestra 5 de 30 min a 48 h.	55
Figura 18. Gráfica de predicción de desorción Muestra 6 de 30 min a 48 h.	55
Figura 19. Gráfica de predicción de desorción Muestra 7 de 30 min a 48 h.	56
Figura 20. Gráfica de predicción de desorción Muestra 8 de 30 min a 48 h.	57
Figura 21. Gráfica de predicción de desorción Muestra 9 de 30 min a 48 h.	57
Figura 22. Gráfica de predicción de desorción Muestra 10 de 30 min a 48 h.	58
Figura 23. Gráfica de predicción de desorción Muestra 11 de 30 min a 48 h.	59
Figura 24 Grafica de predicción de desorción Muestra 12 de 30 min a 48 h.	59
Figura 25 Grafica de predicción de desorción Muestra 13 de 30 min a 48 h.	60
Figura 26 Grafica de predicción de desorción Muestra 14 de 30 min a 48 h.	61

Figura 27 Grafica de predicción de desorción Muestra 15 de 30 min a 48 h.	61
Figura 28 Grafica de predicción de desorción Muestra 16 de 30 min a 48 h.	62
Figura 29. Grafica de predicción de desorción Muestra 17 de 30 min a 48 h.	62
Figura 30 Grafica de predicción de desorción Muestra 18 de 30 min a 48 h.	63
Figura 31 Grafica de predicción de desorción Muestra 19 de 30 min a 48 h.	64
Figura 32 Grafica de predicción de desorción Muestra 20 de 30 min a 48 h.	64
Figura 33 Grafica de predicción de desorción Muestra 21 de 30 min a 48 h.	65
Figura 34 Grafica de predicción de desorción Muestra 22 de 30 min a 48 h.	66

1. INFORMACIÓN GENERAL.

Título del Proyecto: “Análisis litológico en los suelos del campus experimental Salache para determinar insumos en la recuperación de suelos y agua”

Fecha de inicio: Abril 2024

Fecha de finalización: Agosto 2024

Lugar de Ejecución: Campus Experimental Salache

Facultad que Auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que Auspicia: Carrera de Ingeniería Ambiental

Proyecto de Investigación Vinculado: Manejo y Conservación del Recurso Suelo

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación: Ing. José Luis Agreda Oña, Mg

Investigador 1: Davalos Constante Mateo Esteban

Investigador 2: Manobanda Tiban Steven Fernando

Lector 1: Ing. Ortiz Bustamante Vladimir Marconi Mg.

Lector 2: Ing. Rivera Moreno Marco Antonio Mg.

Lector 3: Ing. Cajas Cayo Isaac Eduardo Mg.

Área de Conocimiento: Protección del Medio Ambiente Ciencias Naturales. Medio Ambiente.

Línea de investigación: Análisis y Conservación y Aprovechamiento de la Diversidad Local.

Sub líneas de Investigación de la Carrera: manejo y conservación del recurso suelo y agua

Línea de Vinculación con la sociedad: Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el Desarrollo Humano y Social.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad, la comunidad educativa y científica muestra gran interés y preocupación por la contaminación de los suelos debido al arsénico, uno de los metales más tóxicos presentes en el medio ambiente. Esta contaminación conlleva a la degradación de la fertilidad del suelo, cambios en su estructura y alteraciones en el equilibrio de los ecosistemas.

Aunque los metales iónicos se encuentran naturalmente, en estos suelos debido a su ubicación y la actividad volcánica, el crecimiento poblacional y la expansión de la frontera agrícola han provocado su presencia antropogénica. Es fundamental cuantificar estos elementos, ya que, aunque puede existir de forma natural, concentraciones excesivas tienen efectos nocivos para la salud humana y el medio ambiente.

El exceso de materiales iónicos en los suelos tiene elementos como el arsénico, ca k, mg y se han convertido en un problema emergente debido a sus altas concentraciones en todo el mundo generando suelos secos y potenciales efectos toxicológicos. Se origina tanto de fuentes naturales, como la meteorización de rocas y minerales, como de actividades humanas, como la minería y las descargas de aguas residuales. Detectas concentraciones de arsénico en todos los suelos y otros medios ambientales.

En estudios de suelos, hay que evaluar la capacidad de adsorción y desorción de arsénico, considerando propiedades químicas, físicas y condiciones climáticas (Jiménez A, 2018).

En la actualidad, el arsénico se considera uno de los principales contaminantes del medio ambiente a nivel global. Se encuentra en concentraciones elevadas en el agua, el suelo y los cultivos en diversas regiones del mundo, lo que representa una amenaza tanto para los seres humanos como para el entorno natural. (Coral, Carrillo, & Oviedo., 2019).

La adsorción del arsénico en las superficies de suelos, rocas y sedimentos es un proceso crucial que afecta su movilidad. Los grupos hidroxilo presentes en minerales como los óxidos e hidróxidos de hierro, aluminio y magnesio son los sitios más reactivos y abundantes para la adsorción de sólidos totales disueltos (STD).

Estos hallazgos pueden utilizarse para diseñar procesos de tratamiento o remediación de suelos contaminados con arsénico, así como para tratar aguas contaminadas sin afectar la flora, fauna y poblaciones cercanas. Además, contribuyen al conocimiento sobre la capacidad de desorción del suelo y las causas de la presencia de este contaminante. La elaboración de un

modelo predictivo de retención de arsénico en esta zona es fundamental para comprender cómo interactúa con su entorno y cómo puede mobilizarse a través de mecanismos biológicos y químicos.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios del proyecto son personas directas que reciben la implementación del proyecto, en este caso son los moradores de la zona de Salache

Tabla 1. Beneficiarios de proyecto

Directos	Indirectos
Estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Universidad Técnica Cotopaxi.	Salache
Población masculina: 203	Población masculina: 123
Población Femenina: 325	Población Femenina: 145
Total: 528	Total: 30

Nota. Beneficiarios directos e indirectos del proyecto. Datos tomados del INEC (2010). Resultados del Censo de Población y Vivienda en el Ecuador. Fascículo Provincial de Cotopaxi

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

Existen varios componentes del agua que generan variaciones en su calidad, al incluir varios iones por su proceso fundamental de hidrólisis las características físico químicas cambian para establecer distintos usos del recurso según lo expuesto por Andrade Linarez, K., Castillo Coaquira, I., & Quispe Riquelme, R. (2020) se puede ratificar que existen estudio enfocados al poder disociativo del agua. El suelo viene a verse afectado por la escorrentía de aguas ricas en contaminantes, tal es el caso de lluvias ácidas y aguas que movilizan contaminantes como el arsénico (As), considerado como uno de los metaloides más tóxicos que está presente en el medio ambiente y 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. 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 (Pérez, 2015).

Alrededor de un tercio de los iones esenciales están presentes en la litósfera, los mismos que provienen de fuentes naturales como reacciones ambientales, actividad biológica, emisiones volcánicas, y el resto proviene de un amplio rango de actividades y este se clasifica como uno de los elementos químicos más tóxicos y carcinogénicos, representando un serio problema ambiental en varias regiones del mundo ya que acuerdo a estudios realizados, particularmente en Latinoamérica en países como Argentina, México, Chile, Perú, Ecuador, Bolivia, Brasil, Costa Rica, El Salvador y Guatemala existe la presencia de arsénico en los suelos (Pérez E, 2020).

Por otra parte en la provincia de Cotopaxi se encuentra la Reserva Ecológica los Illinizas dicha reserva cuenta con un suelo que contiene arsénico mismo que es penetrado en el aire, el agua y el suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, por lo que la contaminación por arsénico está muy extendida 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 (La Hora, 2023).

La escasa tecnología a nivel de adsorción con el enfoque de recuperación de suelos y agua ha puesto en marcha varios tratamientos que utilizan zeolitas, carbón activado, materiales como celulosa, para este caso cabe resaltar el estudio de la litología del campus para determinar capacidades de adsorción y retención de iones mediante procesos de intercambio iónico según estudios realizados por Reyes-Javier, G. C., Chaupis-Cadillo, R. F., Iglesias-Osores, S., & Barreto-Pio, C. (2020).

Sin embargo, en zonas ricas en minerales de arsénico o lugares de desechos industriales de minería existe un incremento de la concentración del metaloide así se lo ha evidenciado en los suelos de esta reserva ecológica ya que agua que llega desde los Illinizas recibe arsénico de una mina según indagaciones llevadas por la Senagua y el Ministerio del Ambiente en el año 2018 en donde determinan que el arsénico se encuentra como fondo geoquímico de los suelos de forma natural, es decir, la contaminación antropogénica es baja y muy localizada. Los estudios iniciales determinaron la presencia de iones en el agua que proviene de 15 vertientes del Illiniza

sur, que llega hasta una vertiente grande de Rasuyaku y que desde allí provee a alrededor de 20 000 habitantes de Toacaso y de algunos barrios de Tanicuchí, Guaytacama y Pastocalle. Una de las fuentes estaría contaminada (con más arsénico de lo normal) al pasar por una mina natural de este metaloide en las faldas del Illiniza se muestreó suelo de la comunidad de Toacaso ubicada en la provincia de Cotopaxi, el cual mostró contaminación con arsénico proveniente del volcán Illinizas, se realizaron análisis físico – químicos, e identificación microbiológica en el suelo y análisis de concentración de arsénico en suelo y plantas. Los resultados microbiológicos mostraron variedad de hongos con géneros como: *aspergillus sp*, *fusarium sp*, *mucor sp*, *trichoderma sp* y *penicillium* (La Hora, 2020).

5. OBJETIVOS.

Los objetivos son esenciales para conseguir los indicadores principales en el estudio investigativo, continuación se establecen las principales directrices que rigen este trabajo investigativo.

5.1.Objetivo General

Determinar la litología de las rocas que tengan más presencia en el campus Sanches para evaluar su desempeño en la mejora del recurso suelo y agua.

5.2.Objetivos Específicos

- Recopilar información bibliográfica y de campo para el desarrollo del proyecto dentro del campus Salache.
- Caracterizar agua y suelo a nivel de laboratorio para establecer parámetros fundamentales a remediar en tratamiento de aguas y suelo.
- Evaluar el desempeño de los minerales identificados en el tratamiento de suelos y agua para determinar el tratamiento más efectivo coste beneficio.

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

Los objetivos planteados se direccionan a obtener resultados mediante distintas metodologías y actividades, que se plantean en la tabla 2.

Tabla 2. Actividades de los objetivos

Objetivos	Actividades	Metodología	Resultados
O.E.1. Recopilar información bibliográfica y de campo para el desarrollo del proyecto dentro del campus Salache.	1. Recopilación de datos sobre estudios realizados acerca de investigaciones litológicas. 2. Determinar Área de Estudio. Determinar zonas de muestreo litológico. Identificar abundancia de rocas y tipos de rocas.	1. Investigación bibliográfica. 2. Transectos de muestreo 3. Textura de rocas. 4. Estadística descriptiva.	Caracterización física-química de las rocas.
O.E.2. Caracterizar agua y suelo a nivel de laboratorio para establecer parámetros fundamentales a remediar en	pH Sólidos totales disueltos Concentración de minerales Ca, Mn, K y diferentes disueltos.	Espectrofotometría Standar methods	Análisis de suelo y agua para plantear tratamientos a nivel de suelo y agua.

tratamiento de aguas y suelo.

Arsénico en suelo

O.E.3. Evaluar el desempeño de los minerales identificados en el tratamiento de suelos y agua para determinar el tratamiento más efectivo

- | | | |
|---------------------------|-------------------|--|
| 1. Cálculo de eficiencia. | Método matemático | Análisis e interpretación de resultados. |
| 2. Cálculo TIR VAN | | |
| 3. Contraste de conceptos | | |

Elaborado por: Davalos Mateo, Manobanda Steven

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

En esta investigación se tomaron varios conceptos fundamentales para el desarrollo investigativo. Es un constructo esencial para entender la estructura investigativa.

7.1. LITOLOGÍA

La litología es una disciplina dentro de la geología que se enfoca en estudiar las propiedades químicas y físicas de las rocas. Esto incluye aspectos como la composición química y mineralógica, la textura, el origen y las propiedades físicas de las rocas. A través de la litología, se puede comprender mejor el relieve, ya que las rocas influyen en procesos como la erosión y la reacción ante movimientos tectónicos (Kroonenberg, S. 1982)

7.2. ROCAS SEDIMENTARIAS

Las **rocas sedimentarias** se forman a partir de la **acumulación y compactación de sedimentos**. Estos sedimentos consisten en partículas de diferentes tamaños que son transportadas por el agua, el hielo o el viento. A través de procesos físicos y químicos (llamados **diagénesis**), estos sedimentos se consolidan y dan lugar a las rocas sedimentarias. Estas rocas pueden formarse en las orillas de ríos, en el fondo de lagos, mares o en desembocaduras fluviales. Además, procesos geológicos externos, como la meteorización, la erosión y el transporte, contribuyen a su formación. Las rocas sedimentarias son una parte fundamental de la corteza terrestre y proporcionan información valiosa sobre la historia de la Tierra y los recursos naturales (Choquetico Rossell, G. 2021)

7.3. ROCAS ÍGNEAS

Las **rocas ígneas** se forman cuando el **magma** se enfría y solidifica. El **magma** es una sustancia compuesta por **rocas fundidas y otros elementos**, y se encuentra en el **interior del planeta**. En resumen, las **rocas ígneas** son fundamentales para entender la **composición de la Tierra**, su **historia geológica** y los **procesos tectónicos** que han dado forma a nuestro planeta (Bustos M, 2021).

7.4. ROCAS USADAS PARA TECNOLOGÍAS AMBIENTALES

En el fascinante mundo de la tecnología ambiental, las rocas ígneas y sedimentarias se convierten en aliadas esenciales para combatir la contaminación del agua y el suelo. Estas formaciones geológicas, como auténticos superhéroes naturales, despliegan sus habilidades únicas para preservar nuestro entorno. El basalto, una roca ígnea que emerge de las profundidades terrestres, su estructura porosa actúa como un filtro eficiente en los sistemas de tratamiento de agua. Imagina al basalto como un guardián silencioso que atrapa partículas contaminantes, asegurando que el agua fluya purificada y cristalina (Aguilera, J. 2020). Además, su resistencia a la corrosión garantiza que siga protegiendo nuestro suministro hídrico durante generaciones. La piedra pómez, una roca ligera y flotante. Aunque no es una roca convencional, su capacidad para flotar en el agua la convierte en una aliada inusual pero efectiva en la purificación; pequeñas burbujas de piedra pómez flotando en un río turbio, atrapando impurezas y dejando atrás un rastro de limpieza. Por otra parte, las areniscas y los conglomerados, las estrellas del escenario sedimentario. Estas rocas porosas son como esponjas naturales. El agua se filtra a través de sus diminutos poros, reteniendo partículas dañinas. Son como los guardianes de los acuíferos, filtrando y mejorando la calidad del agua subterránea (Villalobos, S. 2020).

Por último, la caliza, con su tono suave y su composición mayoritariamente de carbonato de calcio, se convierte en el pacificador del suelo. Neutraliza la acidez, restaurando el equilibrio y creando un ambiente propicio para la vegetación. Imagina la caliza como un sanador que cura la tierra herida (Díaz, J. 2024).

7.5. 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 & 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)**

7.6. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO

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. Los suelos 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. La posibilidad de los suelos de albergar nutrientes derivados del nitrógeno, azufre y otros elementos de importancia para la vida vegetal, se llama 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. Los suelos presentan 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.

7.7. 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 el suelo.

7.8. COMPOSICIÓN DEL SUELO

El suelo está compuesto por ingredientes sólidos, líquidos y gaseosos, tales como: Sólidos. El esqueleto mineral del suelo se compone principalmente de rocas, como 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. Abunda el agua en el suelo, pero no siempre en estado puro (como en los yacimientos) sino cargada de iones y sales y diversas sustancias orgánicas. El agua en el suelo se desplaza por capilaridad, dependiendo de lo permeable del suelo, y transporta numerosas sustancias de un nivel a otro.

Gaseosos. El suelo presenta varios gases atmosféricos como el oxígeno (O₂) y dióxido de carbono (CO₂), pero dependiendo de la naturaleza del suelo puede tener también presencia de hidrocarburos gaseosos como el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). Los gases del suelo son tremendamente variados.

7.8.1 Propiedades físicas del suelo.

El suelo está compuesto por sustancias sólidas, como minerales de rocas y residuos de plantas y animales; agua y aire. Las propiedades físicas del suelo se pueden sentir, oler y/o medir y están relacionadas con la estructura, textura, color y capacidad para sostener el agua; en otras palabras, de estas propiedades depende si el suelo es apto para la siembra. **(Seminis ,2016).**

7.8.2 Color

El color del suelo depende de sus componentes y varía con el contenido de humedad, materia orgánica presente y grado de oxidación de minerales presentes. Se puede evaluar como una medida indirecta ciertas propiedades del suelo. Se usa para distinguir las secuencias en un perfil del suelo, determinar el origen de materia parental, presencia de materia orgánica, estado de drenaje y la presencia de sales y carbonato.

7.8.3 Textura

La textura está relacionada con la cantidad de partículas de 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; la proporción de estas tres es fundamental para saber si el suelo es viable para la siembra de hortalizas. La textura es 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.

7.8.4. Estructura

La estructura es la manera en la que se agrupan las partículas del suelo y los espacios. Una buena estructura de suelo se distingue por su mezcla de macroporos, por donde circula el agua y el drenaje; y los microporos, que almacenan el líquido.

7.8.5. Capacidad para retener el agua

El ciclo del agua en el suelo comienza con su llegada a través de precipitaciones o irrigación, el líquido se drena por el suelo y se evapora. La retención del agua depende de los poros disponibles; los suelos ideales para siembra tienen una capacidad pareja para que circule el agua y el líquido, pues el aire en exceso pudre la planta, mientras que una cantidad excesiva de agua puede reducir el vigor de la planta.

7.8.5. Materia orgánica

La materia orgánica es la acumulación de todos los residuos vegetales y animales, así como de las células microbiales 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**).

Actualmente la materia orgánica 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**).

La aplicación 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)**.

7.8.6. Movimiento del agua en el suelo

El agua fluye en el suelo debido a varios tipos de fuerzas como de gravedad, ascenso capilar y osmosis. Entre fuerzas de succión 0 y 1/3 bar el agua fluye en el suelo por las fuerzas de gravedad, este fenómeno se nombra por flujo saturado. Fuerzas de succión más elevadas se nombran flujos no saturados. Los flujos de agua se pueden medir en campo mediante la Conductividad Hidráulica. Se puede obtener información fundamental en la circulación del agua en el suelo mediante la descripción de suelos de las clases de drenaje y sus características asociadas (propiedades gléyicas y stágnicas).

7.9. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS IONES DEL SUELO

Las propiedades químicas del suelo dependen de la proporción de los distintos minerales y sustancias orgánicas que lo componen. El contenido de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio debe ser abundante y equilibrado. La materia orgánica siempre contiene carbono, oxígeno e hidrógeno, además de otros elementos. **(Semines, 2016)**

7.9.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)

Esta es la habilidad del suelo para retener iones positivos. Entre mayor sea el CEC, será mayor la cantidad de potasio, amonio, calcio, magnesio, zinc, cobre, fierro y manganeso. El proceso es parecido al de un imán: los polos negativos se repelen, mientras que el polo negativo de uno atrae el positivo del otro; lo mismo ocurre 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 meq/100g, 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 Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺ (las bases del suelo) y NH₄⁺, en suelos ácidos, a partir de ciertos valores de pH, el Al³⁺ juega un papel muy importante en el complejo de intercambio catiónico del suelo constituyendo, junto con el H⁺, la acidez

intercambiable del mismo (**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 nutrimentos o contaminantes). Estos cationes pueden ser intercambiados por cantidades equivalentes de otros cationes, estas equivale a meq/100g de suelo y depende de la cantidad de coloides que tiene (**Siebe et al. , 2006**)

7.9.2. pH del Suelo.

El pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (incluidos microorganismos y plantas). La lectura de pH se refiere a la concentración de iones hidrógeno activos (H⁺) que se da en la interface líquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrógeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo (**Fernández y Rojas, 2006**).

La acidez del suelo se debe a pérdidas de las bases en suelos de zonas lluviosas por efecto de disolución 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 produce la reducción del pH y toxicidad en las plantas (**Porta y López, 2008**).

Padilla (2007), 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 mayoría de los nutrientes están disponibles para las plantas y por ende para desarrollo de los cultivos a pH de 6.5 a 7.5 (**Vásquez et al., 2002**), ya que pH es muy importante en las propiedades del suelo porque regula las propiedades químicas del suelo, determina 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**).

7.9.3. Fertilidad del suelo

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

- **Macronutrientes:** deben estar en mayores cantidades en el suelo para que sean aprovechados por la planta; los principales son: Nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.
- **Micronutrientes:** están en menor cantidad, pero deben estar en el suelo para garantizar el adecuado crecimiento de la planta. Los principales son: Hierro, manganeso, zinc, boro, cobre, molibdeno, cloro y azufre.

7.9.4. Fósforo.

El contenido y el comportamiento del fósforo (P) en los suelos para uso agrícola, está determinado inicialmente por las propiedades originales del material parental, el tipo de arcilla dominante, por la fracción orgánica, así como por otras propiedades y procesos de naturaleza biológica y química. Así mismo, el manejo agronómico al que ha sido sometido el suelo puede provocar variaciones importantes del P que modifican igualmente su dinámica en el suelo **(Henríquez, 2015)**.

El fósforo es el segundo elemento (después del nitrógeno) más importante para el crecimiento de las plantas la producción de los cultivos y su calidad, en el suelo, existen varias formas químicas de fósforo, incluyendo el inorgánico (Pi) y el orgánico (Po). Estos componentes tienen múltiples fuentes de origen natural los cuales difieren ampliamente en su comportamiento y destino tanto en suelos naturales como cultivados **(Lozano et al., 2012)**.

7.10. SUELOS DEL CAMPUS SALACHE.

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 2800 m.

En cada caso, las condiciones son distintas pero los suelos volcánicos de los páramos comparten ciertas características químicas como la asociación entre aluminio Activo y materia orgánica. Las más importantes características físicas y químicas inherentes a esta asociación son densidad aparente baja, consistencia untuosa, alta retención de humedad, deshidratación

irreversible, alta estabilidad estructural, alta fijación de fósforo, alta capacidad reguladora y alto pH.

Los suelos de los páramos del norte y centro del país (ándicos) gracias a su estructura granular estable, tienen alta porosidad lo que produce una buena permeabilidad, que a su vez hace que sean resistentes a la erosión, es por estas características que son posibles los cultivos en pendientes muy fuertes, además de que en general presentan condiciones beneficiosas para la agricultura.

7.11. 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 permanente y permite su evolución rápida. Raramente 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 forman la zona del Arenal, particularmente al oeste del Chimborazo. En estas áreas, el desarrollo de los suelos es muy débil y se diferencia mucho de los otros páramos. (Mena, 2000)

7.12. ARSÉNICO.

El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica que pertenece al grupo de los metaloides, también llamados semimetales; se puede encontrar de diversas formas aunque raramente se encuentra en estado sólido. El arsénico es muy común en la atmósfera terrestre, en rocas y suelos, en la hidrosfera y la biosfera. Es llevado al ambiente a través de una combinación de procesos como:

- Naturales como la meteorización, actividad biológica, emisiones volcánicas
- Antropogénicos como la actividad minera, uso de combustibles fósiles, uso de pesticidas, herbicidas, etc.

El arsénico es un semimetal o metaloide que pertenece al grupo 15 o VA de la tabla periódica. Se representa mediante el símbolo químico As, y tiene por número atómico el 33. Puede encontrarse bajo tres formas alotrópicas: amarillo, negro y gris; siendo este último el único con importancia industrial. El arsénico se encuentra en la corteza terrestre asociado con

numerosos minerales. Solamente una pequeña proporción se encuentra en estado nativo, asociado sin embargo al antimonio y a la plata.

7.13. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LOS IONES

El primer ión estudiado es el arsénico es isomórfico al antimonio; esto es, estructuralmente son idénticos, difiriendo únicamente en el tamaño de sus átomos. Cada átomo de arsénico forma tres enlaces covalentes As-As, de tal manera que originan unidades hexagonales As_6 “arrugadas o escarpadas”, ya que la hibridación de los átomos de As es sp^3 .

Entonces las unidades As se conectan dando lugar a capas escarpadas de arsénico, las cuales interaccionan débilmente entre sí. A raíz de sus fuerzas intermoleculares, dependientes sobre todo de sus masas atómicas, los cristales romboédricos de arsénico gris otorgan al sólido una textura frágil y quebradiza.

7.13.1. 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**). La toxicidad para los humanos de un compuesto con arsénico depende en gran medida de su forma química, diferenciándose dos grupos de compuestos: inorgánicos y orgánicos. 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 (**Basu et al., 2014**).

7.14. CONTAMINACIÓN DE MUESTRAS POR IONES.

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 (Aveiga O, 2020).

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.

7.15. PROCESO DE ADSORCIÓN.

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, rocas y sedimentos 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.

7.16. CONTAMINACIÓN DE SUELO POR METALES PESADOS

La comunidad científica internacional y las autoridades a nivel mundial han planteado la necesidad de establecer indicadores de calidad del suelo para conservar o mejorar la productividad de la tierra protegiendo al mismo tiempo la calidad ambiental, la salud humana y la calidad de los alimentos, 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)**.

Un suelo contaminado es considerado como aquél que ha superado su capacidad de amortiguación para una o varias sustancias y, como consecuencia, pasa de actuar como un sistema protector a ser causa de problemas para el agua, la atmósfera y los organismos. Al mismo tiempo, se modifican sus equilibrios biogeoquímicos, y aparecen cantidades anómalas de determinados componentes que causa cambios en sus propiedades físicas, químicas o biológicas **(García, José Luis Moreno, & Polo, 2002)**.

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

Los metales pesados, se pueden encontrar en el suelo tanto de forma natural, es decir, procedentes de la roca madre, o bien haber sido incorporados al mismo de forma 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)**.

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. **(Puga, Sosa, Lebgue, Quintana, & Campos., 2006).**

En el suelo el mayor peligro reside en su acumulación por las plantas y la transferencia a los animales incluido el hombre. 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).**

7.17. RESERVA ECOLÓGICA LOS ILLINIZAS COMO APORTE FUNDAMENTAL DE ARSÉNICO EN EL CONTEXTO DE LA PROVINCIA.

La Reserva Ecológica Los Illinizas (cuyo nombre viene de Los Illinizas, 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 Illinizas, 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).**

8. METODOLOGÍA

En este apartado se revisa las técnicas, instrumentos del método usado para la investigación litológica y su posterior evaluación in situ y a nivel de laboratorio

8.1. ENFOQUE

La presente investigación partió de un muestreo previo en los transectos definidos de 10 m x 100m, donde se seleccionaron 22 puntos de muestreo, para el análisis. También se realizó un análisis bibliográfico, basándose en artículos y trabajos de investigación acerca del tema, direccionándose a realizar un estudio exploratorio que pretende dar una visión general para determinar la capacidad de desorción del suelo y rocas encontradas en los predios del campus Salache, donde se aplicó un enfoque cualitativo que permitió recoger datos y análisis estadísticos para establecer patrones de comportamiento de la desorción de arsénico en suelos, mediante la aplicación de graficas de predicción. Además, para el recurso hídrico se planteó un experimento que permita cuantificar el nivel de remoción de TDS, alcalinidad como factores fundamentales de aguas de esorrentía natural.

8.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

La investigación utilizada recopila varias técnicas útiles para obtener información de campo, dado el caso investigativo que con llevó el presente trabajo.

8.3.1. 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 del campus.

8.3.2. 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, TDS, pH y conductividad

8.3.3. 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.

8.3.4. Investigación analítica

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

8.3. MÉTODOS INVESTIGATIVOS

8.4.1. 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 el campus.

8.4.2. 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 a analizar información y estudios sobre la capacidad que tiene el suelo de adsorción y desorción del arsénico.

8.4.3. 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, los iones y el suelo.

8.4.4. Método comparativo y triangulación de conceptos.

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 del campus.

8.4. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Las técnicas utilizadas en el Campus se ven relacionadas directamente con trabajos de campo y laboratorio, como formas directas de obtener información.

8.5.1. 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.

8.5.2. Análisis de Datos.

Mediante los análisis de datos se estudió el comportamiento de los mismos, las concentraciones de adsorción y desorción, para así establecer si existe relación entre concentraciones, con la finalidad de obtener conclusiones precisas que ayudaron a alcanzar los objetivos del proyecto.

8.5. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Los instrumentos utilizados para obtener la información son de gran utilidad, en este trabajo se empleó instrumentos relacionados con actividades de campo y laboratorio como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. *Instrumentos*

Instrumentos de muestreo	Instrumentos de laboratorio
GPS Libreta de campo Pala Metro Fundas ziclop	Agitador magnético 2Centrífuga Erlenmeyer DE 250ML Vaso precipitado 1000ml Tubos Fisher Espectofotómetro. Lupa Multiparámetros Rectivos

Elaborado por: Dávalos Mateo, Steven Manobanda

8.6. METODOLOGÍA PARA EL MUESTREO DE SUELO Y ROCAS.

La norma ecuatoriana TULSMA, el anexo 2 del libro VI del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente hace referencia a los límites permisibles de contaminantes en base al uso del suelo, métodos, parámetros y criterios para la calidad del suelo,

y una guía para muestreo de suelo en el marco del decreto N° 002-2013-MINAM, estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo, 2014.

8.7.1. Muestreo Compuesto

Toma de muestras en el suelo. La recolección de las muestras se efectuó en los yacimientos pétreos que están alrededor del campus, con una anticipada inspección del sitio por su amplitud y mayor accesibilidad para los determinados puntos de muestreo.

Procedimiento: Se tomó la guía del Acuerdo Ministerial 97A Anexo2 que indica En un entorno montañoso árido se recolectaron muestras en distintos niveles: ladera, alta, media y baja. Para cada punto de recolección estuvo en función de un criterio exploratorio, se usó una barrena y una pala para excavar, un GPS para la ubicación precisa y una cinta métrica. Las muestras se tomaron cada 100 metros cuadrados, formando una cuadrícula. Se obtuvieron muestras compuestas a una profundidad de 30 cm en 22 puntos representativos, colocando 3 libras en cada bolsa ziploc. Se completó una ficha de muestreo con los datos generales del sitio: coordenadas, altitud, temperatura, fecha, hora y ubicación. Se evitaron las rocas en las paredes de los yacimientos para no confundirlas con material pétreo de lastre.

8.7.2. Manejo de las muestras.

Se procedió a colocar la etiqueta para cada muestra con la información levantada con los datos antes mencionados.

8.7.3. Pruebas de textura.

Se procedió a comparar las diferentes texturas de las muestras recolectadas, verificando tipo de composición y método de enfriamiento pétreo, clasificando en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

8.7.4. Pruebas físico químicas de suelos

8.7. PREGUNTA CIENTÍFICA

La pregunta científica está direccionada a la interpretación de resultados en base a los hallazgos realizados en los recorridos de campo,

8.7.1. Respuesta a pregunta científica.

Como pregunta científica se plantea que la identificación y aplicación de minerales rocosos en el tratamiento de suelos y agua no mejora la calidad de estos; y como hipótesis alternativa

se definió que la identificación y aplicación de minerales rocosos en el tratamiento de suelos y agua mejora la calidad de estos

8.8.1 Potencial Hidrógeno

Según metodología estandarizada, Standar Methods se midió el nivel de concentración hidroxilos en agua y suelo antes y después de aplicar tratamientos con rocas. Metodología aplicada en los análisis realizados por Rosas G en donde se analiza el intercambion iónico de diferentes suelos (Rosas, G. 2021).

8.8.2. Sólidos totales disueltos

Los TDS, están en función de determinar los elementos iónicos en el recurso hídrico y en el suelo, estimando características de intercambio aniónico y catiónico, características fundamentales para elaborar insumos de recuperación ambiental de recursos naturales. Según estudios realizados la importancia del CIC es fundamental en la remoción de contaminantes a nivel iónico, generando estabilidad y saludo a los recursos (Aduvire, O., & Aduvire, H. 2021).

8.8.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica (CE) es una propiedad que mide la capacidad de un material para conducir electricidad. En metales, esto se debe a la presencia de una nube de electrones compartidos por las bandas de valencia y la banda de conducción. En líquidos, como el agua, depende de las sales disueltas que generan iones cargados positiva o negativamente. Además, en suelos, la conductividad varía según la cantidad de sales presentes. Esta propiedad se mide en siemens por metro (S/m) y es relevante en campos como la electrónica, la química y la metalurgia. Según lo analizado en temas de investigación científica se puede modelar la información CE para determinar incidencia de contaminación por agroquímicos y sales provenientes de estos mismos, generando un valor a nivel ambiental (Ullauri, N. J. A., Ocampo, R. V. H., & Espinoza, D. V. M. 2024)

8.8.4. Solución de iones en agua

Se preparó una solución de 500 ug/L en disolvente para contaminar suelos y agua apartir de As_2O_3 y 240 mg/L de minerales Ma, Ca, K en agua destilada para evaluar TDS y procesos de adsorción y desorción.

8.8. CARACTERIZACION DEL ADSORBENTE

El adsorbente empleado en el estudio corresponde a un suelo del campus Salache, rico en material limoso. Los suelos encontrados son de dos tipos, suelos arenosos en la cual se ubica

dentro del interandino, se caracteriza por ser material piroclástico con una capacidad baja de retención de humedad. Suelo franco de tipo arenoso, húmedo de coloración negra, con una alta capacidad de retención de humedad de la REI.

Se analizaron las propiedades físicas del adsorbente a través de los límites de Atterberg también se efectuó la caracterización química del mismo, analizándose la composición de los principales elementos involucrados en la remoción de arsénico: hierro total (espectrometría de absorción atómica de llama), manganeso (espectrometría de absorción atómica de llama), y aluminio (espectrometría de emisión atómica por plasma Inductivo. Análisis de pH (método electrométrico), humedad (evaporación y secado en estufa a 105 °C) y sólidos volátiles (calcinación en mufla a 550 °C).

8.1.MEDICIÓN DEL TIEMPO DE EQUILIBRIO

El proceso experimental realizado para el estudio de la capacidad de adsorción del arsénico en las 22 muestras de suelo, 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.

8.1.1. Contaminación

Se utilizó una solución de 500 ug As_2O_3 en 1 L H_2O para la preparación de las soluciones, siendo esta concentración inicial para todas las muestras. Para los mismos se emplearon erlenmeyers y un agitador.

8.1.2. 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 como adsorbente. Para ello, se trabajó agregando 100 ml de la solución cada erlenmeyer 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 la cantidad de arsénico en tiras de medición de este (Martínez-López, S., Andreo-Martínez, P., Pérez-Sirvent, C., & Sánchez, M. J. M., 2022).

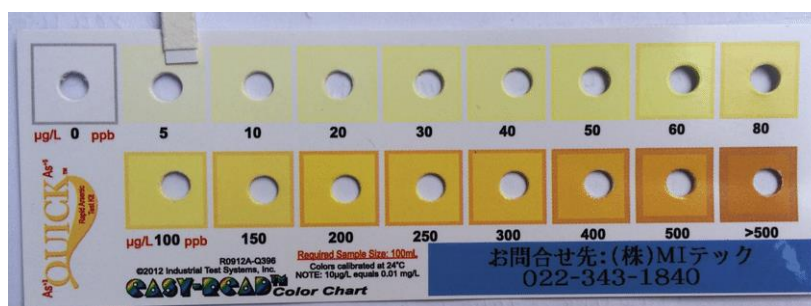
8.9. DESORCIÓN IÓNICA

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 los 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 (Martínez-López, S.,et al., 2022).

8.10. MEDICIÓN DE PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS DEL AGUA Y SUELO

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 de tira , mediante el cual se expresaba la concentración de As en el suelo de estudio.

Figura 1. Test de medición de Arsénico



Nota, *kit portable de arsénico*

Los parámetros como pH, conductividad, Sólidos totales, salinidad, potencial Redox se midieron a través de multiparámetros, a nivel de agua y suelo, en campo y laboratorio.

8.11 MEDICIÓN DE IONES EN AGUA

Para medir los sólidos disueltos totales (TDS) en agua utilizando un multiparámetro, se siguieron una serie de pasos meticulosos. Primero, se aseguró que el equipo estuviera correctamente calibrado, siguiendo las instrucciones específicas del manual del dispositivo. Luego, se encendió el multiparámetro y se seleccionó la opción de TDS en el menú. La muestra de agua se recolectó en un recipiente limpio, y la sonda del multiparámetro se sumergió completamente en el agua, evitando la presencia de burbujas de aire. Tras unos segundos para estabilizar la lectura, se registró el valor de TDS mostrado en la pantalla, expresado en partes por millón (ppm). Además, se anotaron otros parámetros relevantes como la temperatura, la fecha y la hora de la medición. Finalmente, se realizó el mantenimiento del equipo limpiando la sonda con agua destilada y almacenándola según las recomendaciones del fabricante. Este procedimiento garantiza la precisión y fiabilidad de las mediciones de TDS en el agua.

9. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

9.1. CARACTERIZACIÓN LITOLÓGICA

Para la caracterización litológica se recorrió el campus Salache en el área que delimita con los bordes externos del mismo, saliendo desde el estadio hasta los linderos occidentales, según el área de estudio mostrado en la figura 3.

Figura 2. Ubicación satelital del área de muestreo.




En la imagen se aprecia la ubicación del área estudiada, la cual corresponde al lugar donde se recogió la muestra, se encuentra ubicado en el campus Salache en la parte trasera de la universidad y sus coordenadas geográficas son las siguientes, coordenada este: 764366.19 mE y coordenada norte: 9889315.71 m S. de acuerdo a Google Earth.

9.1.1. Diseño de muestreo al exploratorio

El diseño exploratorio sistemático, dividió el área de estudio en diferentes 22 zonas con un tratamiento. Y características similares El método fue el siguiente. Caracterización del tipo rocas. Mediante el cual se efectuó un análisis sobre el tipo de roca en las muestras tomadas, utilizando un catalogo de texturas, originado desde textura afanéricas hasta conglomerados, según se muestra en la tabla 4

Tabla 4. Rocas encontradas en el campus Salache

Roca	Tipo de roca	características	Usos
<p>JASPE DALMATA</p> 	<p>Pertenece a la familia del "Cuarzo" y es de tipo aplita.</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Se caracteriza por tener un color beige claro con manchas negras. -Posee una textura fanerítica. -Posee propiedades curativas. -Posee una densidad de 2.65 g/cm^3. -Formula SiO_2 	<p>-Uso en filtros de lecho ascendente, gran capacidad de intercambio iónico.</p>

ARENISCA

Es un tipo de roca
"Sedimentaria de
tipo detrítico"

- Se caracteriza por tener múltiples colores entre ellos: beige, negro, marrón, crema, etc.
- Posee granos de tamaño medio (textura: clástica).
- Tiene una densidad de 2.2-28 g/cm³.
- Posee propiedades curativas.
- Posee granos de tamaño 2mm a 0,2mm.
- Contenido de sílice 60% - 70%

- Es usado en la construcción de chimeneas.
- Revestimiento de fachadas.
- Gran porosidad y capacidad de filtrado

BASALTO

Es un tipo de roca
"Ígnea extrusiva"

- Posee colores como el negro, gris y azulado.
- Tiene una textura afanítica.

- Se usa para la construcción de infraestructura.
- Aplicaciones industriales, ornamentales y

-
- Posee una densidad de 2.9-3.1 g/cm³
 - Es una piedra ornamental.
 - Contenido del sílice SiO₂ 45% - 52%.

enmiendas minerales.

CALIZA

Es un tipo de roca "**Sedimentaria**" del grupo carbonáticas o calcáreas.

- Son de colores claros, especialmente blanco.
- Son de grano fino a grueso y un poco poroso.
- Posee una textura no clástica.
- Tiene una densidad de 2.70-2.75g/cm³.
- Composición calcite.

- Es de uso importante ya que constituye el cemento gris.
- Se usa en la cerámica y en industrias como peletería.
- la piedra pulverizada se usa para neutralizar suelos ácidos.
- Se puede usar para la remuneración, aumentar la alcalinidad del agua y repara niveles importantes de nutrientes.
- Se encuentra en medicamentos y cosméticos.

CUARCITA

Es un tipo de roca "**Metamórfica**" del grupo calizas o cuarzos.

- Es de color gris con tonalidades blancas.
- Tiene una textura granoblástica.
- Posee una densidad de 2.64-2.69 g/cm³.
- Tiene un granulo medio.
- No posee ningún grado de deformación.
- contenido de sílice (SiO₂) 90%.
- Contenido de sílice SiO₂ mayor al 90%.

- Es utilizada en la fabricación de vidrio por su alto porcentaje de silicio.
- Se usa como fuente de sílice para la construcción de cilicio y compuestos de silicio.
- Es usado para la decoración por ser más resistente que el mármol.

Elaborado por: Davalos Mateo, Masabanda Steven

De la tabla cuatro se puede resaltar que Las **rocas areniscas** se utilizan principalmente como áridos en la construcción y, si son altamente porosas y permeables, pueden funcionar como reservorios de hidrocarburos. Además, se emplean en la industria petrolífera y como grava para carreteras. La **caliza**, formada principalmente por carbonato cálcico o fragmentos esqueléticos,

se utiliza en construcción y a menudo contiene fósiles. Esto la hace interesante desde una perspectiva geológica. El **basalto**, una roca dura y de grano fino, se emplea en construcciones bajo el agua, como grava para carreteras y como roca ornamental. También se utiliza en la producción de cemento y hormigones ligeros. La **pedra pómez**, de textura porosa y ligereza, se utiliza como roca ornamental y en la producción de cemento y hormigones ligeros. En resumen, estas rocas tienen diversos usos en la construcción, la industria y la geología

La abundancia de minerales se determinó en base a un muestreo sistematizado al azar trazado en cuatro yacimientos presentes en el campus Salache, determinando la abundancia relativa expresada en porcentaje, especificado en la tabla 5.

Tabla 5 Abundancia de rocas

TIPOS DE ROCA	PRINCIPALES MINERALES	CANTIDAD
JASPE DALMATA	La composición química principal del jaspe dalmata es dióxido de silicio (SiO ₂), el color blanco se debe al granito y sus manchas negras se generan por el anfíbol y/o turmalina negra.	4.9%
ARENISCA	La composición química es la misma que de la arena (sílice (dióxido de silicio o SiO ₂). El carbonato de calcio es el segundo más común) así, la roca está compuesta esencialmente de cuarzo con pequeñas cantidades de feldespato y otros minerales.	40%
BASALTO	Es una roca ígnea que se compone de plagioclasa	15%

	cálcicas y piroxeno (generalmente augita) ± olivino. Los basaltos también contiene hornblenda, biotita, ortopiroxeno y feldespatoides.	
CALIZA	Contiene un 50 % de minerales de calcita (CaCO ₃) y dolomita (Ca, Mg (CO ₃)) predominado la calcita. Esta roca es aglomerante, neutralizante, escorificante y fundante.	40%
CUARCITA	Los minerales que la componen es el cuarzo en un 40 %, con pequeñas cantidades de moscovita, clorita, ortosa, turmalina, circón, silicatos aluminicos y menas metálicas.	0.1%
SODALITA	Sodio y aluminio (junto con cloro) son los componentes principales de la sodalita, cuyo nombre es "Piedra de sodio"	0.2%

Elaborado por: Davalos Mateo, Masabanda Steven

Según (Jara. A, Mercado. W, 2022) los filtros usados de piedra caliza junto con el segundo filtro de arena cuarzosa + piedra caliza y tercer filtro de carbón activado, comprobó que la mejoría de la calidad del agua es bastante notable, eso debido a que lapiedra caliza ayuda a neutralizar el agua acida siendo eficaz en la purificación de las aguas residuales según nos dice (the new york time, 1985).

Otro trabajo de campo hecho por (Zamora. J, 2019) nos dice que según el estudio realizado se afirma que al utilizar en el filtro antracita, algodón, arena gruesa y caliza triturada, mejora bastante tanto las propiedades físicas como químicas y bacterianas del agua. Esto gracias a la forma y composición química de la roca caliza.

Según (Echeverria. M, 2019) la roca basáltica es muy practica para usar en aguas contaminadas, debido a que es un recurso natural sin ningún costo. Si el agua residual solo

tuviera manganeso 0,03 ppm y hierro 0,103 ppm entonces se necesitaría 313,95 toneladas de roca basáltica para poder eliminar estos elementos químicos. Gracias a que es una roca

ígnea volcánica de grano fino que esta compuesta por minerales máficos con abundancia de plagioclasa y piroxeno.

El granito está compuesto por Feldespatos potásicos (30%), cuarzo (21%), plagioclasas (18.5%), arcillas (15%) otros minerales están la biotita (6%), cloritas (5%), anfíboles (<2%), entre otros según lo plantea (Jesús Fuentes P. 2019) por otra parte según (Verdúch. A, Balmaseda. J y Corral. J. 1975) el análisis que de rayos x que se realizó al granito determino que está constituido 37 - 40 % de cuarzo, de 26 – 30 % de albita, de 26

– 30% de ortosa y de 3 – 5 % de biotita. Siento concentraciones más altas de los compuestos que contiene el granito esto puede ser debido al lugar en el que se encuentran a la profundidad.

El feldespato es un mineral que constituye de un 8.5 a un 12 % en las rocas modernas. Algunas rocas areniscas no contienen feldespato, pero otras contienen hasta un 90 % según (Montigui. A. s/f). En cambio, las areniscas de Maulbronn y Pfinztal tienen un contenido de feldespato de 20 y el 25 % de su volumen. Como nos dice (Mater.

Contrucc.2008). En la piedra arenisca estudiada tiene un 20 a un 25 % de feldespatos siendo una roca que no está saturada de feldespato ya que su porcentaje es menor al 90% que se estima que tienen las rocas en la actualidad.

Según (Dominguez. D 2021). La piedra caliza es una roca sedimentaria porosa de origen químico que contiene el mineral de calcio en un 50% (CaCO_3) y dolomita (Ca, Mg (CO_3)), predominando la calcita. Y de igual manera (Gerrero. C. 2001), nos dice que la caliza es una roca compuesta por lo menos de un 50% de carbonato de calcio (CaCO_3), con porcentajes variables de impurezas. Como pudimos ver el porcentaje de calcio en las piedras calizas de distintas zonas son similares.

La caracterización litológica se complementó con una revisión de campo adicional cuyos resultados se establecen en la tabla 6. y en tres transectos a lo largo del campus Salache.

Tabla 6 Identificación Geológica segunda incursión

Roca Identificada	Textura	Origen	Abundancia
Pumina	Alta porosidad	Ígneo extrusivo	40 %
Basalto	Micro cristales	Ígneo Extrusivo	15%
Calizas	Depositos de carbonatos de calcio	de sedimentario	20%
Arenisca	Sedimentaria de la cuenca oriente época cretácica	de sedimentario	20%
Conglomerado	Roca metamórfica procedente de la zona central ecuatoriana	metamórfico	5%

9.2.1. RESULTADOS DISCUTIDOS

9.2.2. Variación del potencial hidrógeno con la aplicación de filtros litológicos.

En este primer parámetro se pudo observar la medición del pH de cada roca encontrada en el área de estudio, así como la repetición de la muestra estudiada y las curvas del pH de cada roca con su respectivo gráfico, en primera instancia observamos que el pH de la roca caliza se encuentra en un rango de (7,61; 7,57) teniendo un pH básico, siendo esta casi igual que la roca Gneis que tiene un pH (7,63; 7,69), de igual manera la roca basalto tiene (7,66; 7,64) encontrándose en un pH básico.

Tabla 7 pH de la roca Caliza-sedimentaria

Roca	Repetición	pH
Caliza- Sedimentaria	1	7,61
	2	7,60
	3	7,61
	4	7,58
	5	7,57

En la tabla 7 se puede apreciar el pH de la roca caliza- sedimentaria y la repetibilidad, demostrando que al aplicar al agua como filtro o al recurso suelo va a mantener un pH neutro generando condiciones favorables en la temática ambiental.

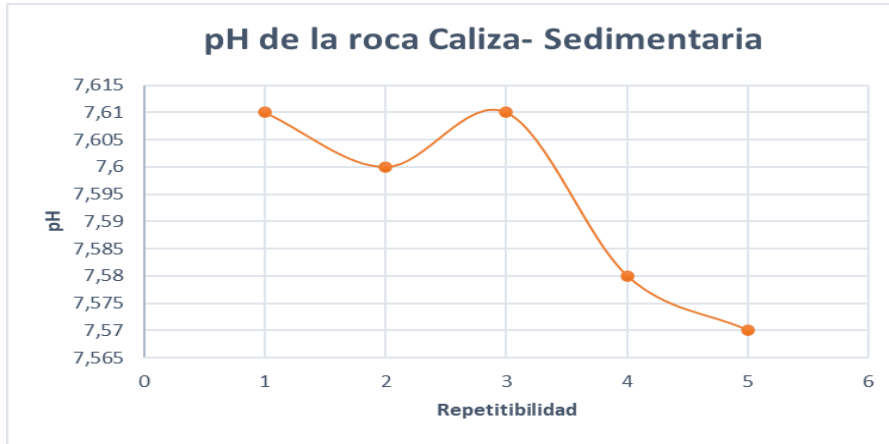


Figura 3. Gráfico de dispersión en base a la repetibilidad del diseño experimental

En la figura 4 se observa curva sobre el pH de la roca Caliza- sedimentaria estableciendo que sus valores mantienen un pH neutro, estableciendo según varios estudios que la caliza es una roca amortiguadora para la variación de la alcalinidad según Rivero Turrau, A. (2021).

Por otro lado se probó también los basaltos encontrados en los yacimiento de Salache como elementos de amortiguación de pH, descrito en la tabla 8

Tabla 8. pH de Basalto Metamórfico

Roca	Repetición	pH
Basalto Metamórfico	1	7,63
	2	7,59
	3	7,60
	4	7,58
	5	7,59

Se realizó cinco veces la repetición de pH de la roca Metamórfica demostrando un valor neutro, amortiguando variaciones de alcalinidad según Galarza Baño, F. A. (2020) según la figura

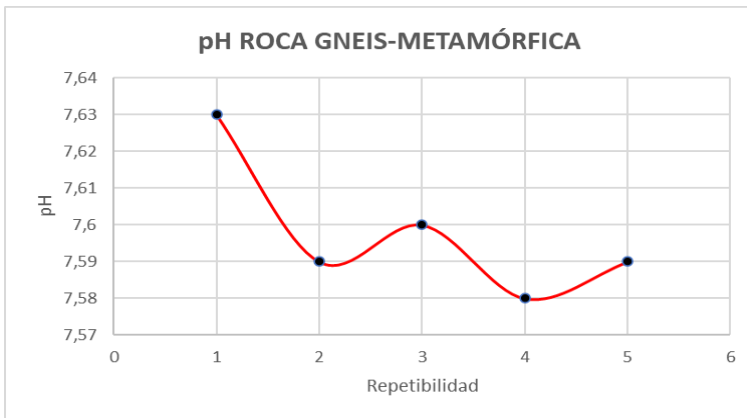


Figura 4 Gráfico de dispersión

En la gráfica de dispersión se aprecia curvas de pH de acuerdo a cada repetición.

Tabla 9. pH Basalto- Roca ígnea

Roca	Repetición	pH
Basalto-Roca ígnea	1	7,66
	2	7,65
	3	7,65
	4	7,67
	5	7,64

De acuerdo a la tabla 9 se puede analizar el pH del Basalto-roca ígnea como un buffer amortiguador, la siguiente figura se muestra su comportamiento

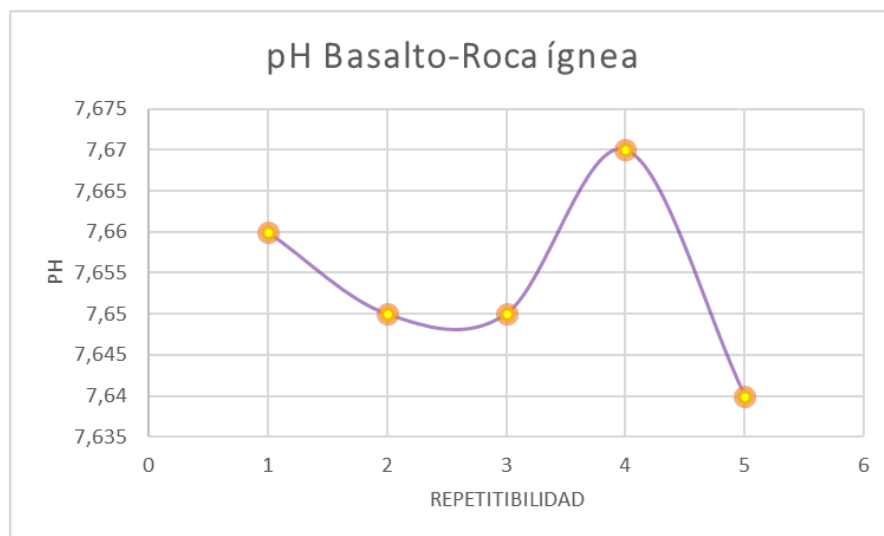


Figura 5. Gráfico de dispersión

Tabla 4. pH de cada tipo de roca

Comparación de pH por muestras y repetición realizadas para los diferentes tipos de rocas según la siguiente tabla:

Tabla 10 comparativa de pH

Tipo de Roca	Repetición	pH
Caliza- Sedimentaria	1	7,61
	2	7,6
	3	7,61
	4	7,58
	5	7,57
Gneis- metamórfica	1	7,63
	2	7,59
	3	7,6
	4	7,58
	5	7,59
Basalto- Roca ígnea	1	7,66
	2	7,65
	3	7,65
	4	7,67
	5	7,64

El figura se muestra la dispersión de las mediciones, ajustando un R^2 de 97%

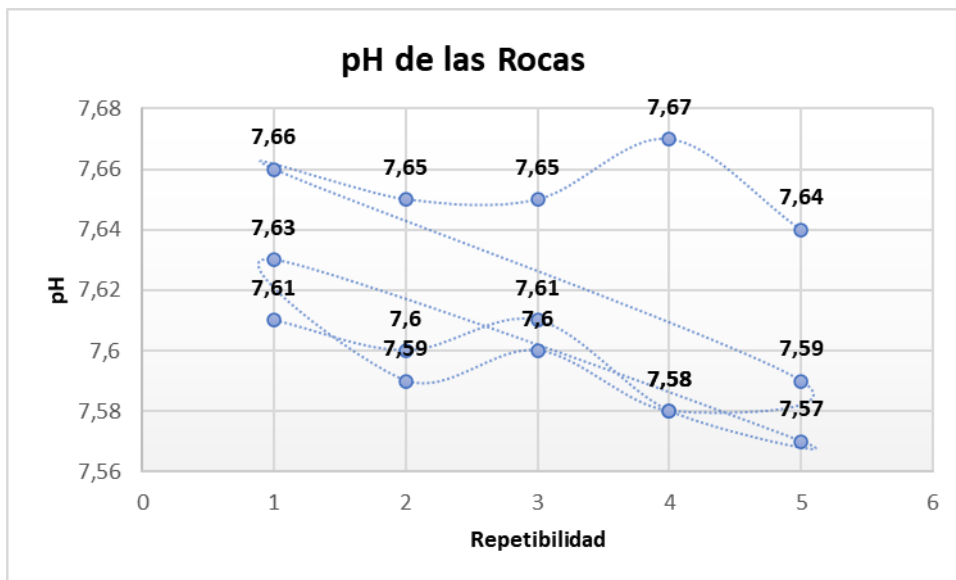


Figura 6. Grafica de dispersión

Nota: En la gráfica se puede examinar la variación del pH dependiendo del tipo de roca.

9.2.3. Variación de la conductividad la aplicación de filtros litológicos

En este segundo parámetro se pudo observar la conductividad de cada muestra de igual manera, se enfatiza la repetición de cada muestra estudiada, así como las curvas de la conductividad con su respectiva grafica. La roca caliza demuestra una conductividad que va desde los (1070 a los 1008), en cambio la roca Gneis tiene una conductividad que vas desde los (1107 a 1007), por otra parte, la conductividad de la roca basalto va desde los (1062 a 1012), mostrando la capacidad que tiene cada roca para permitir el paso de los electrones.

Tabla 11 conductividad de la roca Caliza- sedimentaria

Roca	Repetición	Conductividad
Caliza-Sedimentaria	1	1070
	2	1015
	3	1014
	4	1004
	5	1008

En la tabla 11 se puede apreciar la conductividad de la roca caliza- sedimentaria con su debida repetición.

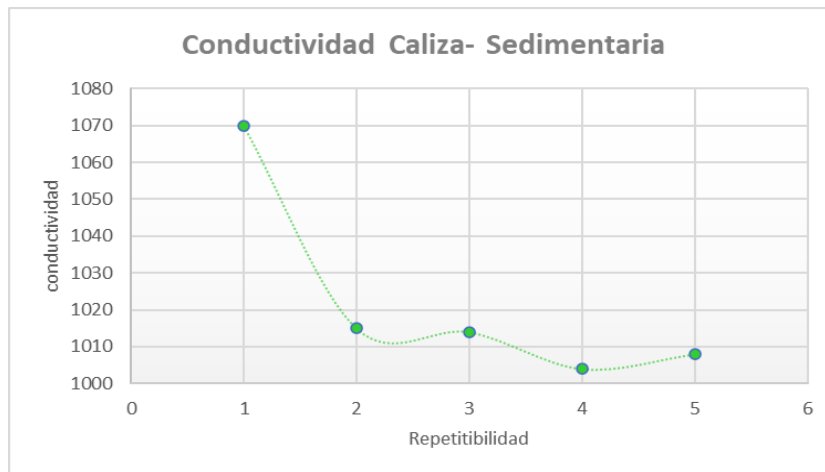


Figura 7. Grafica de dispersión

En la figura 8 se puede apreciar las curvas de la conductividad de la caliza- sedimentaria.

Tabla 12 conductividad de la roca Gneis- metamórfica

Roca	Repetición	Conductividad
Gneis-metamórfica	1	1107
	2	1011
	3	1007
	4	1008
	5	1007

Se puede analizar en la tabla 6 los datos de la conductividad con las repeticiones realizadas.

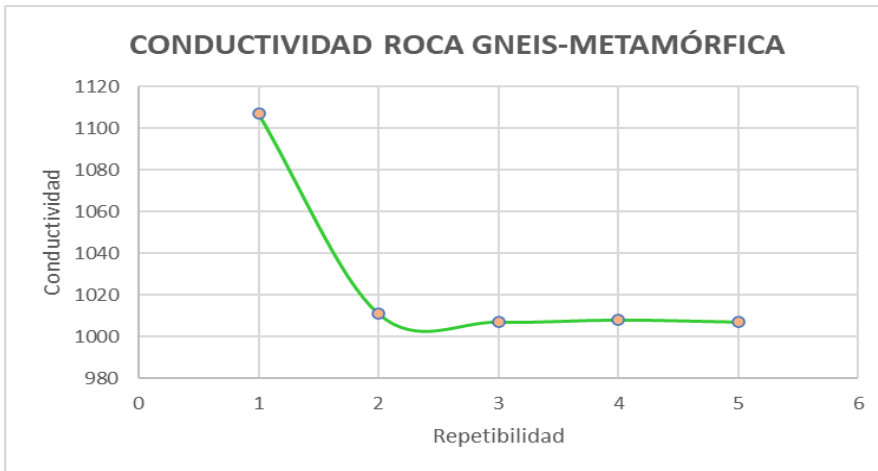


Figura 8 Gráfica de dispersión

En la figura 9 se puede examinar la conductividad y las repeticiones de cada uno.

Tabla 13 Conductividad de la roca ígnea- Basalto

Roca	Repetición	Conductividad us/cm
Basalto- roca ígnea	1	1062
	2	1027
	3	1016
	4	1020
	5	1012

En la tabla 13 se puede analizar la conductividad de la roca Basalto con cada repetición.



Figura 9 Gráfico de dispersión

En la gráfica de dispersión (figura 10) se puede observar las curvas de la conductividad

con la repetibilidad.

Tabla 14 Conductividad de las rocas comparativa

Tipo de Roca	Repetición	Conductividad
Caliza- Sedimentaria	1	1070
	2	1015
	3	1014
	4	1004
	5	1008
Gneis- metamórfica	1	1107
	2	1011
	3	1007
	4	1008
	5	1007
Basalto- Roca ígnea	1	1062
	2	1027
	3	1016
	4	1020
	5	1012

En la tabla 14 de puede observar la conductividad del agua tratada de cada tipo de roca; Caliza, Gneis, Basalto, ajustando un R^2 de 96 %, cabe resaltar que la conductividad esta relacionada al alto contenido iónico del agua estudiada, apoyado en estudios realizados por Leicester, D., Amezaga, J., & Heidrich, E. (2020).

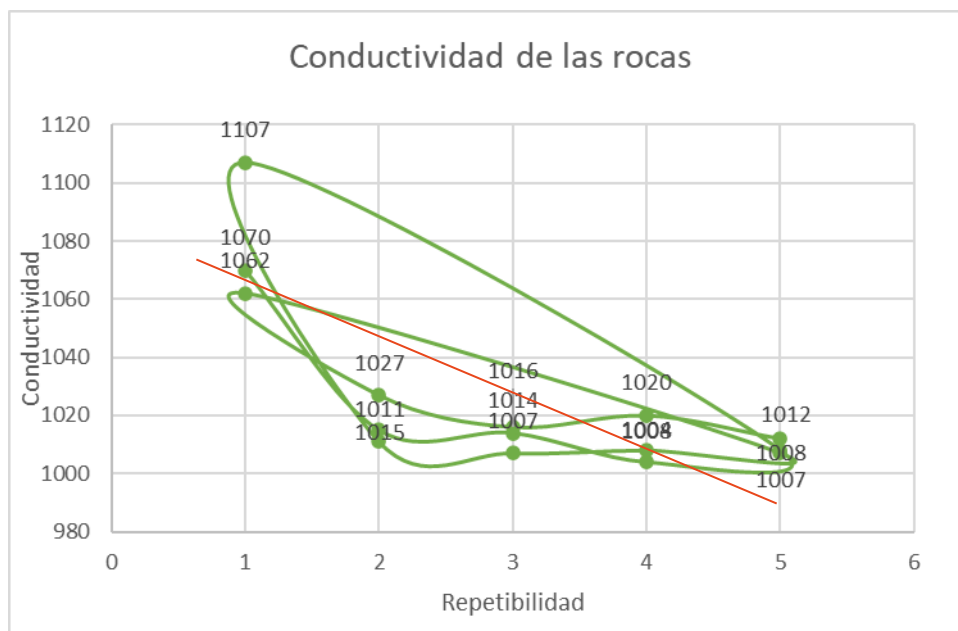


Tabla 15. Gráfica de dispersión

En la figura 15 se presentan los valores de la conductividad de cada roca, y se puede observar que existe variaciones del dato dependiendo de las rocas.

9.2.4. Sólidos totales disueltos (TDS)

En este tercer paramero podemos ver los sólidos totales de cada roca, de la misma manera se enfatiza la repetición de cada muestra estudiada, junto sus curvas de solidos totales y su grafica. En primera instancia se encuentra la caliza que tiene un (TDS) que vas desde los (760 a los 717 mg/l), en cambio los (TDS) de la roca Gneis se encuentran entre (774 a 714 mg/l), siendo esta similar a los (TDS) de la roca basalto ban desde los (774 a 714 mg/l) encontrándose estas en la misma cantidad de solidos totales o (TDS). Cabe resaltar que el agua inicial tenia 1700 mg/l, estableciendo una eficiencia de remoción del 60% y se demuestra que estas rocas tienen un Coeficiente de intercambio negativo, en este caso es iónico.

Tabla 16. Sólidos totales disueltos roca Caliza-Sedimentaria

Roca	Repetición	TDS
Caliza- Sedimentaria	1	760 mg/l
	2	721 mg/l
	3	720 mg/l
	4	713 mg/l
	5	717 mg/l

Se puede apreciar mediante la tabla 16 los sólidos totales disueltos que existe de la roca Caliza.

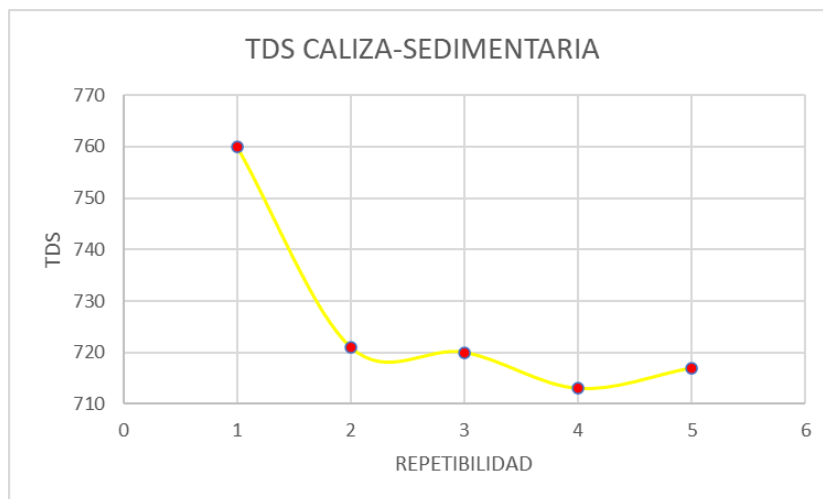


Figura 11. Gráfica de dispersión.

En la gráfica de dispersión (Figura 11) se observa las curvas que forma al ubicar los datos de TDS.

Tabla 17 TDS roca Gneis-metamórfica

Roca	Repetición	TDS
Gneis- metamórfica	1	774
	2	719
	3	713
	4	716
	5	714

En la tabla 17 se puede analizar los TDS de la roca Gneis con cada repetición.

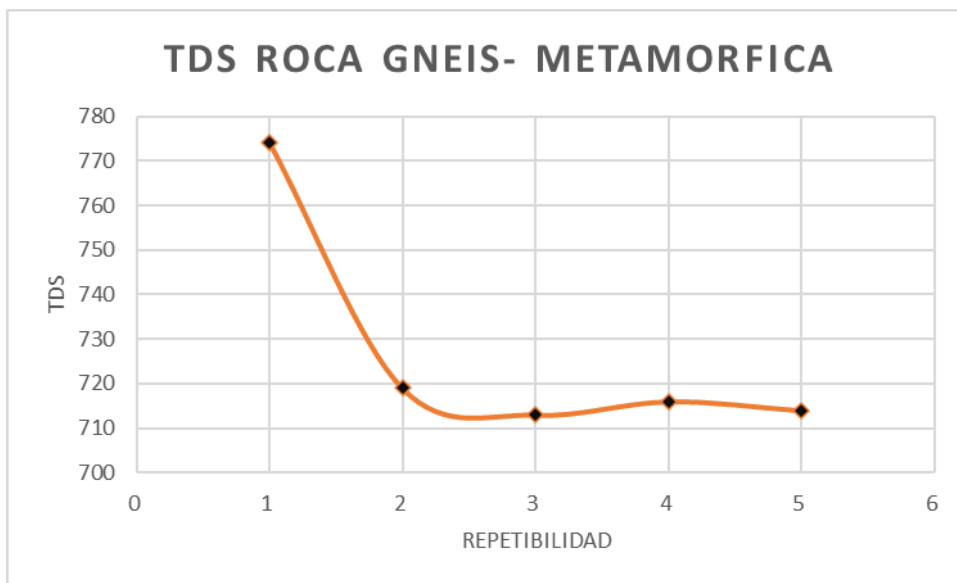


Figura 10 Gráfica de dispersión

En la figura 11 se puede examinar curvas de TDS y las repeticiones de cada uno.

Tabla 18 TDS Basalto- Roca ígnea

Roca	Repetición	TDS
Basalto- roca ígnea	1	774
	2	719
	3	713
	4	716
	5	714

Se puede apreciar mediante la tabla 18 los sólidos totales disueltos que existe de la roca basalto.

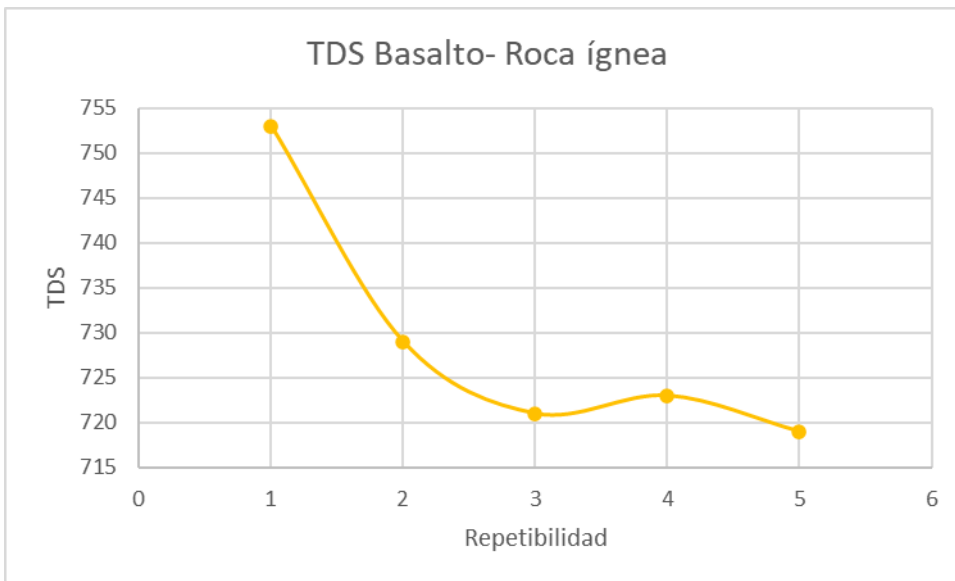


Figura 11 Gráfica de dispersión

Nota: los TDS se miden en mg/l

En la gráfica de dispersión se aprecia curvas de TDS de acuerdo a cada repetición

Tabla 19. Solidos totales disueltos en las rocas

Tipo de Roca	Repetición	TDS
Caliza- Sedimentaria	1	760
	2	721
	3	720
	4	713
	5	717
Gneis- metamórfica	1	774
	2	719
	3	713
	4	716
	5	714
Basalto- Roca ígnea	1	753
	2	729
	3	721

	4	723
	5	719

En la tabla de puede observar datos de los sólidos totales disueltos de cada tipo de roca; Caliza, Gneis, Basalto muestran una variación que ronda los 700 mg/l, con un R^2 del 94%

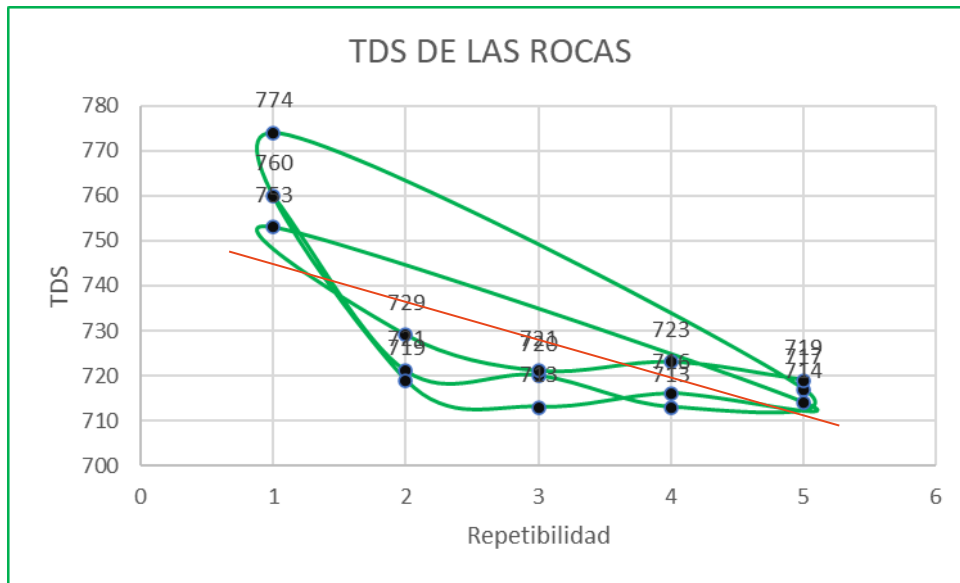


Figura 12 Gráfica de dispersión

En la figura 13 se presentan los valores de TDS de cada roca, y se puede observar que existe variaciones del dato dependiendo de las rocas.

Tabla 20. Todos los datos obtenidos con el multiparámetro

Tipos de Rocas	Repetibilidad	pH	Conductividad	TDS
Caliza- Sedimentaria	1	7,61	1070	760
	2	7,6	1015	721
	3	7,61	1014	720
	4	7,58	1004	713
	5	7,57	1008	717
Gneis- Metamórfica	1	7,63	1107	774
	2	7,59	1011	719
	3	7,6	1007	713
	4	7,58	1008	716
	5	7,59	1007	714
Basalto- Roca ígnea	1	7,66	1062	753
	2	7,65	1027	729
	3	7,65	1016	721
	4	7,67	1020	723
	5	7,64	1012	719

En la tabla 20 se puede examinar todos los datos que se obtuvo de las rocas; Caliza, Gneis, Basalto con la ayuda del multiparámetro.

9.2. Parámetros de las rocas muestreadas.

Se muestreó 22 diferentes puntos, donde se pudo determinar una abundancia en base a las rocas identificadas por su textura basándose en la observados de distribución de cristales y sedimentos, según la tabla 21.

Tabla 21. Los parámetros físico químicos y la abundancia de las rocas

Tipo de roca	Parámetros físico químicos	Abundancia de los minerales
Caliza – Sedimentaria	Contiene un 50 % de minerales de calcita (CaCO ₃) y dolomita (Ca, Mg (CO ₃)) predominado la calcita. Esta roca es aglomerante, neutralizante, escorificarte y fundante.	60%
Gneis – Metamórfica	Estos son los minerales más comunes en la roca gneis son, el cuarzo, el feldespato potásico, y el feldespato sódico siendo estos los mismos minerales que el granito. Son comunes cantidades más pequeñas de moscovita, biotita y hornblenda. Siendo estos los minerales que componen a la roca Gneis.	30%
Basalto – Roca ígnea	Es una roca ígnea que se compone de plagioclasa cálcicas y piroxeno (generalmente augita) ± olivino. Los basaltos también contienen hornblenda, biotita, ortopiroxeno y feldespatoideos.	10%

Según (Galán. E, s/f) la caliza y la dolomita son rocas sedimentarias compuestas esencialmente por calcita (Ca CO₃) y dolomita (Ca, Mg) CO₃ respectivamente. Entre los carbonatos sódicos usados en protección ambiental destacan la trona, Na₃ H (CO₃)₂·Hp, y el natrón o soda, Na₂ CO₃·10 Hp. Ambas se forman por evaporación de lagos alcalinos en ambientes áridos. Por otra parte, según (Calcinor. s/f) nos dice que al utilizar la cal en plantas

de tratamiento favorece a la reducción de olor, sabor y color del agua al eliminar la materia en suspensión y la turbiedad que existe en las aguas contaminadas sin mencionar que elimina el manganeso, los fluoruros y los taninos orgánicos del agua y la sílice que exista.

Como podemos ver el uso de la piedra caliza las plantas de tratamiento favorecen la remediación del agua de manera significativa ya que la piedra al estar formada por calcita que contiene un 40% de cal es más que efectiva en la remediación de agua residuales no solo reduciendo su olor, sino que también elimina la turbiedad del agua.

Un trabajo de campo realizado con piedra caliza, se afirma que al utilizar en el filtro antracita, algodón, arena gruesa y caliza triturada, mejora bastante tanto las propiedades físicas como químicas y bacterianas del agua. Esto gracias a la forma y composición química de la roca caliza. Según un trabajo de campo realizado por (Zamora. J, 2019).

La roca basáltica es muy práctica para usar en aguas contaminadas, debido a que es un recurso natural que existe en el planeta que no tiene ningún costo el usar esta roca. Si el agua residual solo tuviera manganeso 0,03 ppm y hierro 0,103 ppm entonces se necesitaría 313,95 g de roca basáltica para poder eliminar estos elementos químicos.

Gracias a que es una roca ígnea volcánica de grano fino que está compuesta por minerales máficos con abundancia de plagioclasa y piroxeno. La efectividad de remoción de azul de metileno sobre la roca basáltica (escoria negra) es muy buena y a los 20 minutos llega a ser constante. Demostrando que el basalto es efectivo en el uso de aguas residuales. Según (Echeverría. M, 2019).

Según (Jara. A, Mercado. W, 2022) los filtros de aguas que fueron hechos de piedra caliza junto con el segundo filtro de arena cuarzosa + piedra caliza y tercer filtro de carbón activado, comprobó que la mejoría de la calidad del agua es bastante notable gracias a los minerales de la misma piedra. Por otra parte, según (the new york time, 1985), nos indica que la piedra caliza ayuda a neutralizar el agua ácida siendo eficaz en la purificación de las aguas residuales que fue demostrado debido a que los científicos de la universidad de Cornell vertieron toneladas de roca caliza en lagos neutralizando así sus ácidos y permitiendo que vuelvan a existir truchas en los lagos de las montañas Adirondack.

9.3. CARACTERIZACIÓN DEL ADSORBENTE MINERAL A TRAVÉS DE PRUEBAS DE CALIDAD DE AGUA.

El suelo muestreado para las pruebas de recuperación ambiental mediante pumita, basalto, arenisca y caliza se caracterizó por gravimetría y los resultados demuestran un 80% de humedad, según Caicedo-Rosero, L. C., de Jesús Méndez-Ávila, F., Gutiérrez-Zeferino, E., & Flores-Cuautle, J. D. J. A. (2021) se hace una revisión de las propiedades eléctricas del suelo a partir del uso de diferentes métodos e instrumentos para la medición de la humedad. Los instrumentos para medición de humedad basados en propiedades eléctricas son fácilmente adaptables para ser automatizados y operados en forma remota, generando información viable y ratificando que la composición del suelo a nivel eléctrica tiene incidencia para poder ser medida a través de electrodos.

Tabla 22 Método de Atteberg, caracterización mecánica edafológica

Suelo muestreado parte superior campus Salache			
% Humedad	% ST	STV	STF
80%	95%	20%	75%

Elaborado por: Dávalos Mateo y Manobanda Steven

La humedad es importante en el transporte de contaminantes, se ha considerado el suelo con humedad relativa del 80% media con procedimiento gravimétrico en donde su 20% corresponde a materia orgánica y el 60% a inorgánicos, esto deriva en que el suelo tiene gran composición inorgánica, que demuestra una textura clasificada según la tabla 9.

Tabla 23. *Análisis de Granulométrico*

Granulometría		
% Grava	% Arena	% Finos
1	65	35

Elaborado por: Dávalos Mateo y Manobanda Steven

Los resultados granulométricos indican que la muestra está compuesta principalmente por arena (65%) y finos (35%), con una presencia mínima de grava (1%)¹. En este caso, se trata de una “grava arcillosa” con predominancia de tamaños tipo grava inmersos en una matriz arcillosa. Aunque este material es geotécnicamente resistente y poco deformable, la presencia de finos puede afectar su comportamiento. Posibles causas de estos resultados podrían ser la

naturaleza del suelo original y procesos de sedimentación o erosión. Según Matías Ramos, M., Gómez Díaz, J. D., Monterroso Rivas, A. I., Uribe Gómez, M., Villar Hernández, B. D. J., Ruiz García, P., & Asencio, C. (2020); Los ecosistemas forestales son importantes en la aportación de bienes y servicios a la sociedad; sin embargo, pueden estar afectados por erosión hídrica, lo cual representa un problema grave en México. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue determinar los factores que explican ese tipo de degradación en un bosque templado. Los factores incluidos fueron seleccionados mediante revisión de literatura, a nivel nacional e internacional, con el criterio de uso en programas de manejo y monitoreo.

% Materia Orgánica promedio del área de estudio
21,91

Elaborado por: Dávalos Mateo y Manobanda Steven

Mn
Alta; 13,7 Bajo Suelo color Crema y marrón
5,3 se da porque las lluvias arrastran todo a la parte baja

Elaborado por: Dávalos Mateo y Manobanda Steven

Tabla 24. Resultados de caracterización de aluminio

Suelo (g Al/100g)	Al
P17 parte baja	0,271 mg/kg
P12 Parte media	7,45432 mg/kg
P5 Parte media baja	7,17433 mg/kg
P20 Parte baja	2,59025 mg/kg
P 7 Parte Media baja	6,87425 mg/kg

Elaborado por: Dávalos Mateo y Steven Manobanda

Nota, ponderación Suelo con un contenido de Aluminio entre mediano y bajo, pero más 7,17433 mg/kg

Tabla 25. Contenido cualitativo de iones en suelos para su caracterización Relación Adsorción Sodio

Suelo	Fe	Mn	pH
parte baja P 18	200 PPM Anormal	13,2 Optimo	8,19
parte baja P 21	1110 ppm Critico	13,7 Optimo	5,54
P 9 Parte alta	1255 ppm Critico	10,2 Optimo	5,97
P 6 Parte media baja	1253 ppm Critico	7,5 Medio	5,61
P 22 Parte Media baja	153 ppm Anormal	5,3 Medio	5,93

Elaborado por: *Davalos Mateo y Steven Manobanda*

En la tabla 26 se muestran los resultados a partir de una concentración inicial de 500 mg/kg de arsénico en un suelo de páramo, luego se comparan con los resultados de varias repeticiones después de ser mezclados con basalto, caliza y conglomerado metamórfico en una composición del 33% para analizar la cantidad de adsorción y desorción hasta 48 horas en contacto con agua destilada, simulado procesos de escorrentía y lavado de suelos por lluvias. El componente de acidificación de lluvias ácidas fue amortiguado por la caliza, y los iones y metales pesados fueron adsorbidos hasta un 80%, dicha eficiencia de remoción fue observada hasta las 48 horas de contacto con contaminantes. Luego se procedió a realizar graficas de predicción de adsorción y desorción para discutir sus efectos

9.4. MEDICIÓN DEL TIEMPO DE EQUILIBRIO

Tabla 26. Resultados de la medición de las concentraciones de As en las 22 muestras de suelo.

TIE MPO horas	Conc entración	MUESTRAS Remoción, Filtro Caliza, Basalto, Conglomerado Metamórfico ugAs/L																					
		M 1	M 2	M 3	M 4	M 5	M 6	M 7	M 8	M 9	M 10	M 11	M 12	M 13	M 14	M 15	M 16	M 17	M 18	M 19	M 20	M 21	M 22
0.30	500u	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
	gAs/l	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
1	500u	4	>	>	4	>	>	>	4	>	>	>	>	4	4	>	4	>	>	4	>	4	>
	gAs/l	00	400	400	00	400	400	400	00	400	400	400	400	00	00	400	00	400	400	00	400	00	400
2	500u	3	4	>	3	4	>	4	3	4	>	4	>	3	3	>	3	>	4	3	>	3	4
	gAs/l	00	00	400	00	00	400	00	00	00	400	00	400	00	00	400	00	400	00	00	400	00	00
3	500u	2	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	2	3
	gAs/l	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
6	500u	1	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	2	1	2	2	1	2	1	2
	gAs/l	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
8	500u	8	1	1	8	1	1	1	8	1	1	1	1	8	8	1	8	1	1	8	1	8	1
	gAs/l	5	00	50	5	00	50	00	5	00	50	00	50	5	5	50	5	50	00	5	50	5	00
12	500u	5	8	1	5	8	1	8	5	8	1	8	1	5	5	1	5	1	8	5	1	5	8
	gAs/l	0	5	00	0	5	00	5	0	5	00	5	00	0	0	00	0	00	5	0	00	0	5
24	500u	4	5	8	4	5	8	5	4	5	8	5	8	4	4	8	4	8	5	4	8	4	5
	gAs/l	0	0	5	0	0	5	0	0	0	5	0	5	0	0	5	0	5	0	0	5	0	0
48	500u	3	4	5	3	4	5	4	3	4	5	4	5	3	3	5	3	5	4	3	5	3	4
	gAs/l	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

En la tabla 26, se muestra el efecto del tiempo de agitación empleados para el adsorbente, con la solución inicial de 500ugAS/l, Se verifica una disminución de concentración inicial en las primeras horas de agitación logrando un 40% de remoción. Por ello, en las siguientes horas con más agitación se logró un 75% de eliminación de arsénico inicial manteniéndose constante a las 48 horas.

9.5. DESORCIÓN DEL ARSÉNICO

Tabla 27 Resultados de la medición de las concentraciones de desorción de As en las 22 muestras de suelo.

MUESTRAS																																																	
M1		M2		M3		M4		M5		M6		M7		M8		M9		M10		M11		M12		M13		M14		M15		M16		M17		M18		M19		M20		M21		M22							
SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O				
>400	450	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	450	>400	480	>400	480	>400	450	>400	480	>400	300	>400	450	>400	480	>400	450	>400	480	>400	450	>400	300	>400	300	>400	300
400	250	>400	>400	>400	>400	400	200	>400	>400	>400	>400	>400	>400	>400	400	375	>400	>400	>400	>400	>400	>400	400	400	300	400	300	>400	400	400	350	>400	300	>400	400	400	350	>400	400	400	350	>400	400	400	200	>400	200		
300	200	400	350	>400	400	300	150	400	350	>400	400	400	150	300	250	400	350	>400	400	400	350	>400	350	300	250	300	200	>400	350	300	250	>400	200	400	350	300	250	>400	350	300	150	400	150	300	150	400	150		
200	100	300	200	300	250	200	100	300	200	300	200	300	150	200	150	300	250	300	250	300	200	300	250	200	100	200	100	300	250	200	150	300	150	300	250	200	125	300	250	200	100	300	150	400	150				
100	85	200	100	200	100	100	85	200	100	200	100	200	100	100	85	200	100	200	100	200	100	200	150	100	85	100	85	200	150	100	100	200	100	200	150	100	85	200	150	100	85	200	150	100	85	200	100		
85	50	100	50	150	85	85	50	100	85	150	85	100	85	85	50	100	85	150	85	100	85	150	90	85	50	85	50	150	90	85	75	150	100	100	90	85	60	150	90	85	50	100	85	50	100	85			
50	30	85	30	100	85	50	40	85	50	100	50	85	50	50	25	85	50	100	50	85	30	100	65	50	35	50	40	100	65	50	40	100	85	85	65	50	30	100	65	50	40	85	50	40	85	50			
40	25	50	20	85	50	40	30	50	20	85	30	50	40	40	16	50	30	85	30	50	25	85	50	40	25	40	30	85	50	40	30	85	50	50	50	40	20	85	50	40	30	50	40	30	50	40			
30	12	40	14	50	40	30	25	40	14	50	20	40	30	30	10	40	20	50	20	40	16	50	20	30	15	30	30	50	20	30	10	50	40	40	20	30	15	50	20	30	30	40	30	40	30				

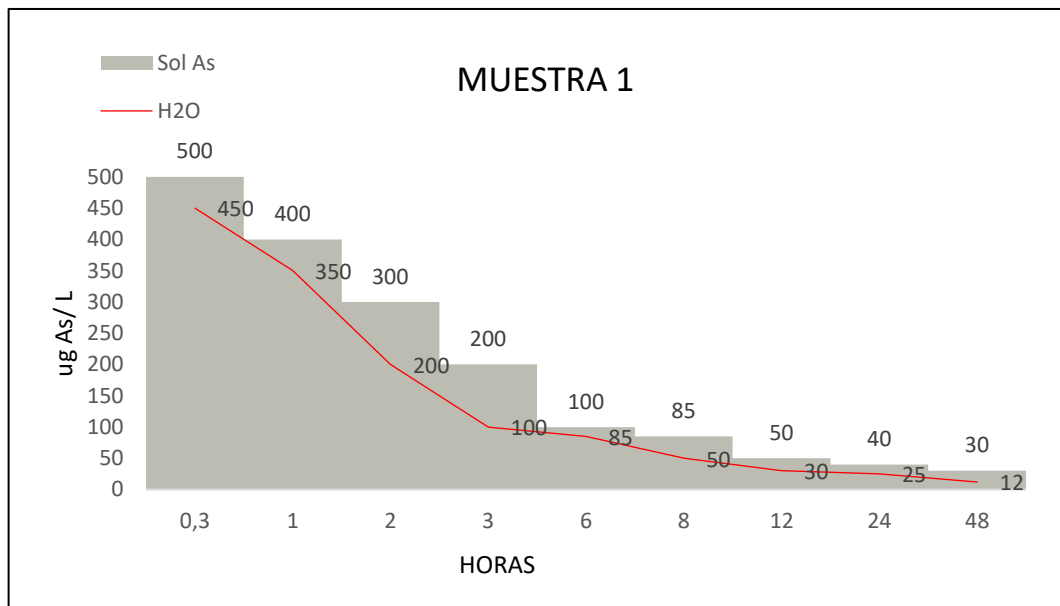
Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

En el proceso de desorción con los resultados descritos en la tabla 27 puede observarse una tendencia de retención a la media hora del análisis, llegando a perder un 20%, se muestra el efecto del tiempo de agitación empleados para el desorción, con las concentraciones de As obtenidas en la adsorción, Se verifica que en las primeras horas de agitación, existe una retención de As del 10% desorción, por ello para las siguientes horas con agitación más fuerte se logró retener en el suelo 75% de As resorbido

9.6. DISCUSIÓN DE RESULTADOS PORCESOS DE ADSORCIÓN Y DESORCIÓN

Los datos obtenidos en la primera muestra indican 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 10% a 15% 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 15% a 60% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l. Según la figura 14 se puede observar el proceso descrito, apoyado por Cruz Herrera, E. T., & Jimenez Garcia, K. M. (2020).

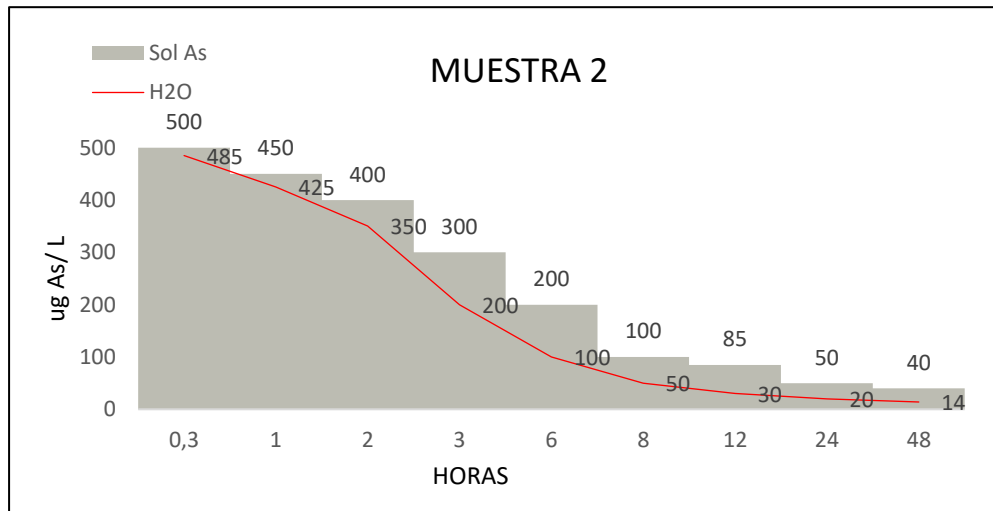
Figura 13. Gráfica de predicción de desorción Muestra 1 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la segunda muestra (figura 15) nos indican 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 3% a 30% 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 65% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l. Visto como diseño fundamental en Martínez-González, A., Pérez-Esteban, J., Masaguer, A., & Moliner, A. (2021).

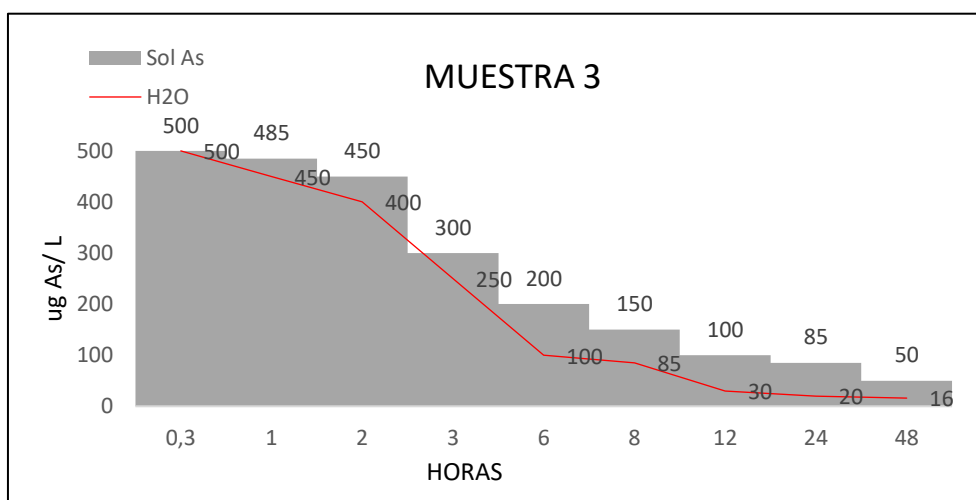
Figura 14. Gráfica de predicción de desorción Muestra 2 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la tercera muestra (figura 16) nos indican 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 0% a 16% 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 68% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l, debatido en el artículo de Romero, D. C. V., Cardozo, A. P., & Montes, V. D. (2022).

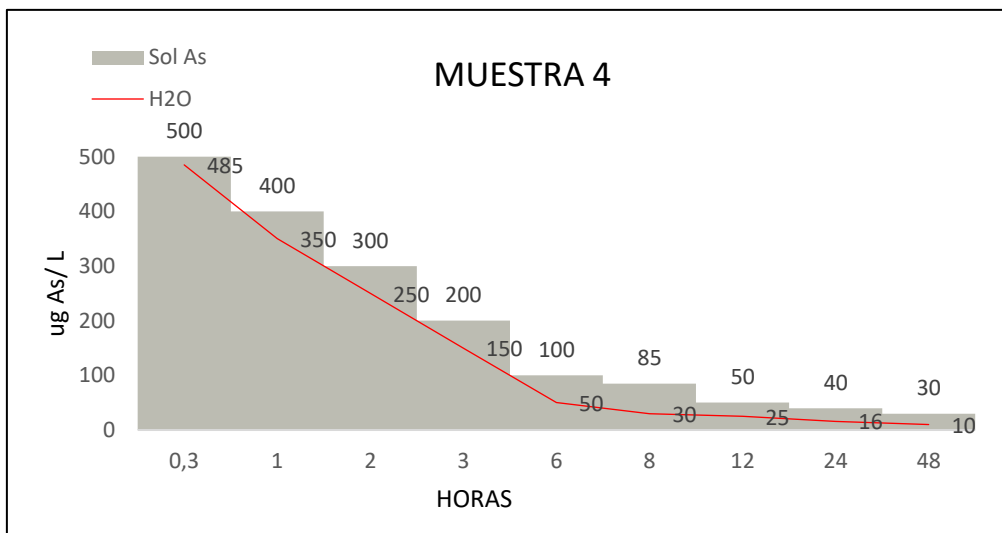
Figura 15 Gráfica de predicción de desorción Muestra 3 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos figura 17, en la cuarta muestra nos indican 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 3% a 25% 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 67% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

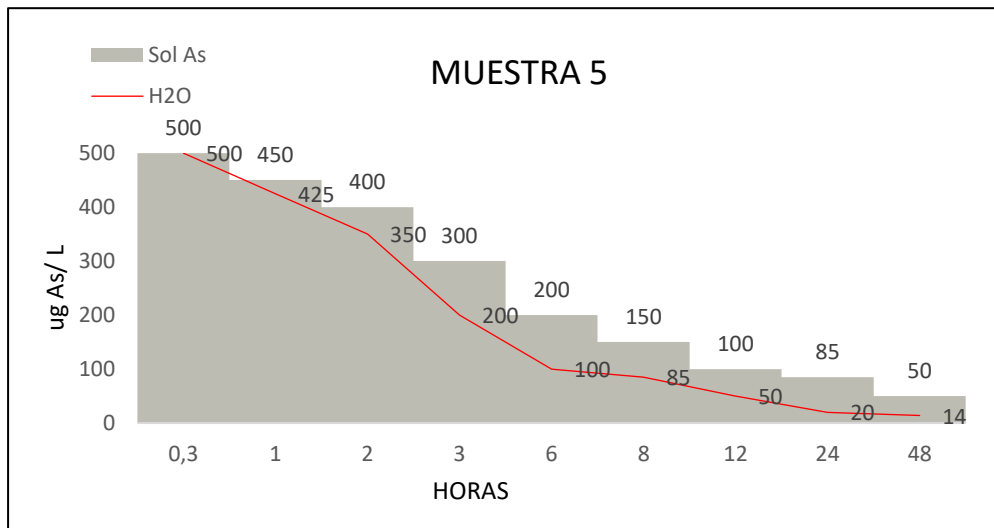
Figura 16. Gráfica de predicción de desorción Muestra 4 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos figura 18, en la quinta muestra nos indican 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 0% a 34% 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 70% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

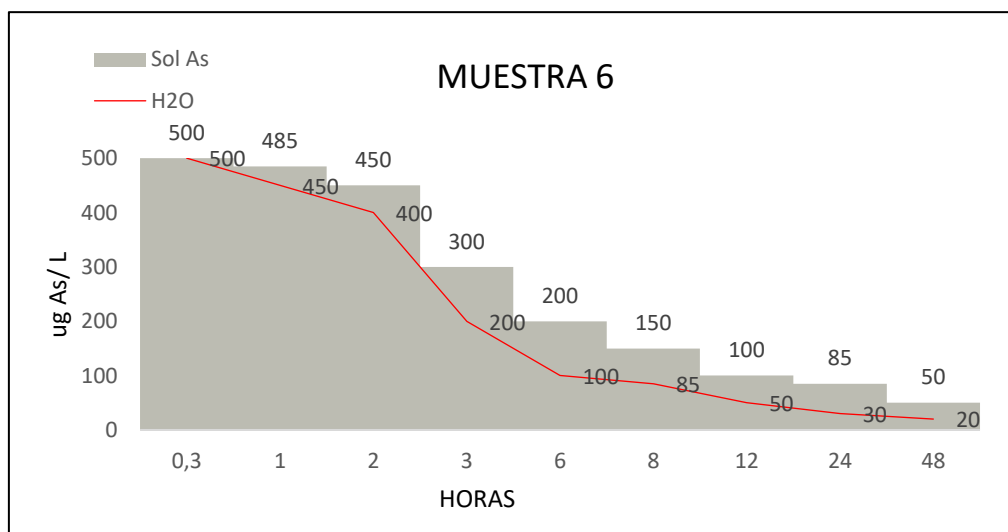
Figura 17. Gráfica de predicción de desorción Muestra 5 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: *Davalos Mateo y Steven Manobanda*

Los datos obtenidos en la figura 19, en la sexta muestra nos indican 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 0% a 34% 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 60% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

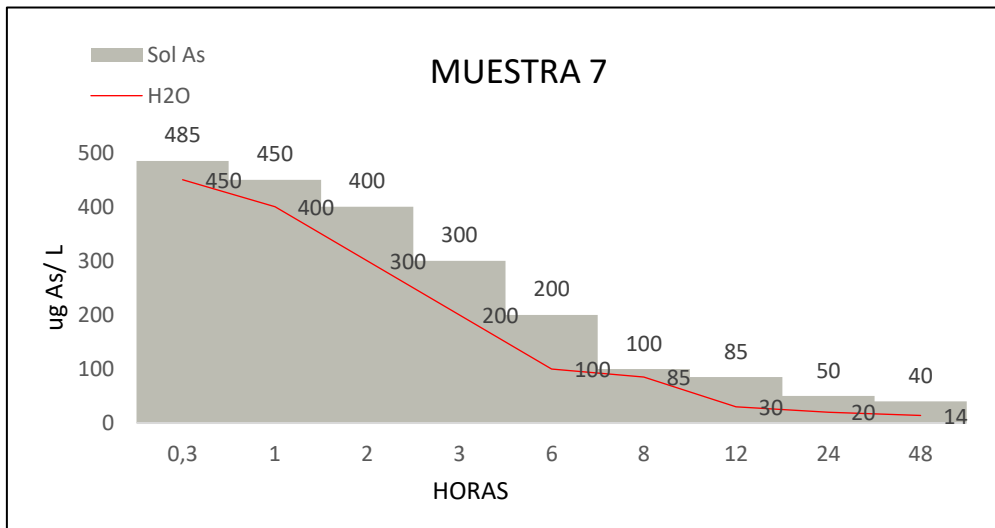
Figura 18. Gráfica de predicción de desorción Muestra 6 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: *Davalos Mateo y Steven Manobanda*

Los datos obtenidos en la figura 20, séptima muestra nos indican 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 2% a 34% 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 65% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

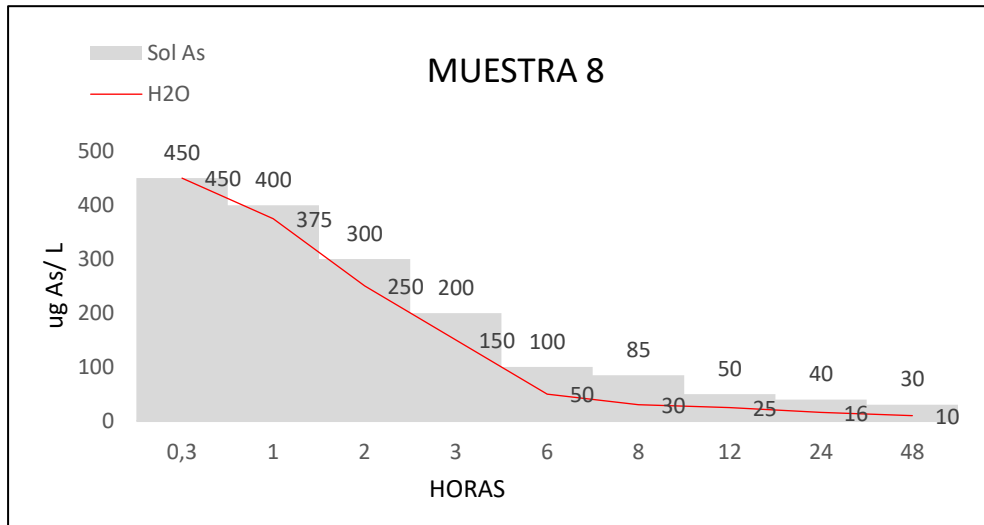
Figura 19. Gráfica de predicción de desorción Muestra 7 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 21, octava muestra nos indican 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 0% a 25% 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 67% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

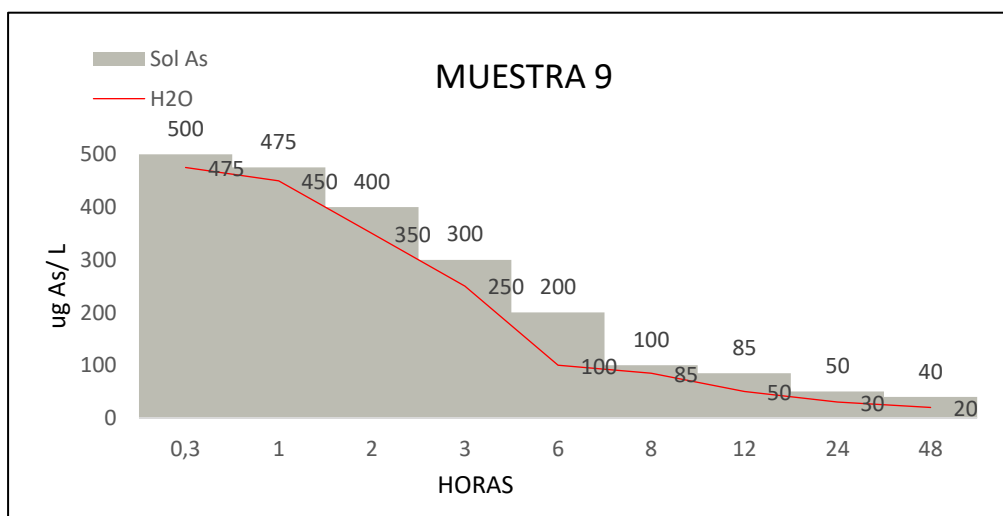
Figura 20. Gráfica de predicción de desorción Muestra 8 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 22, novena muestra nos indican 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 5% a 17% 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 15% a 50% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

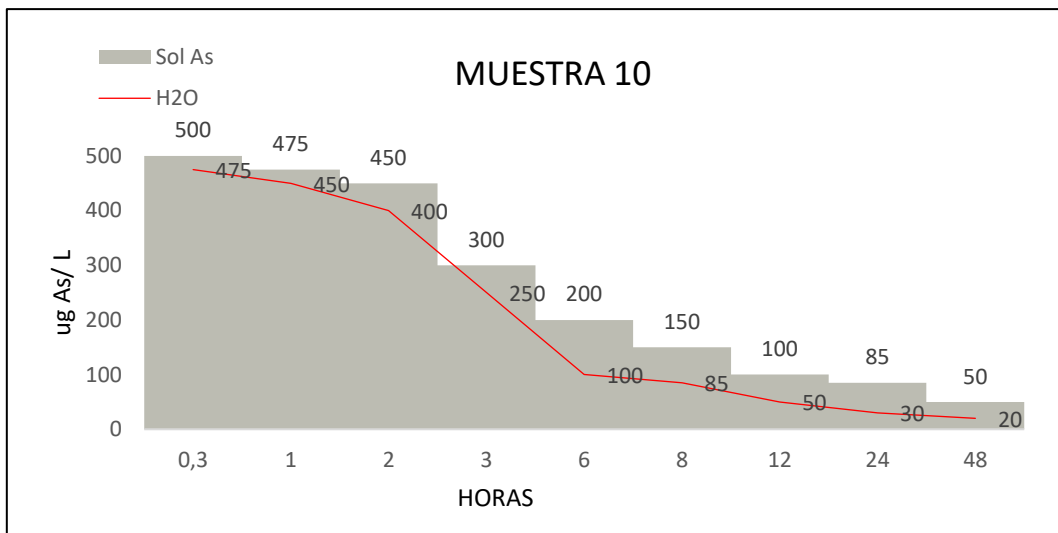
Figura 21. Gráfica de predicción de desorción Muestra 9 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 23, décima muestra indican 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 5% a 17% 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 60% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

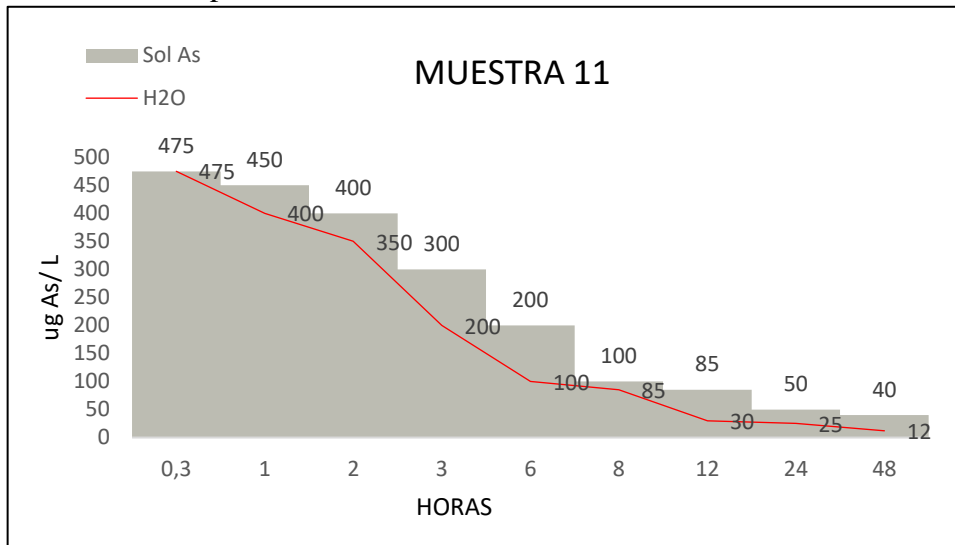
Figura 22. Gráfica de predicción de desorción Muestra 10 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 24, décima onceava muestra nos indican 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 0% a 34% 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 70% de As previamente adsorbido para las concentraciones de 100, 85, 50, 40, 30 ug As/l.

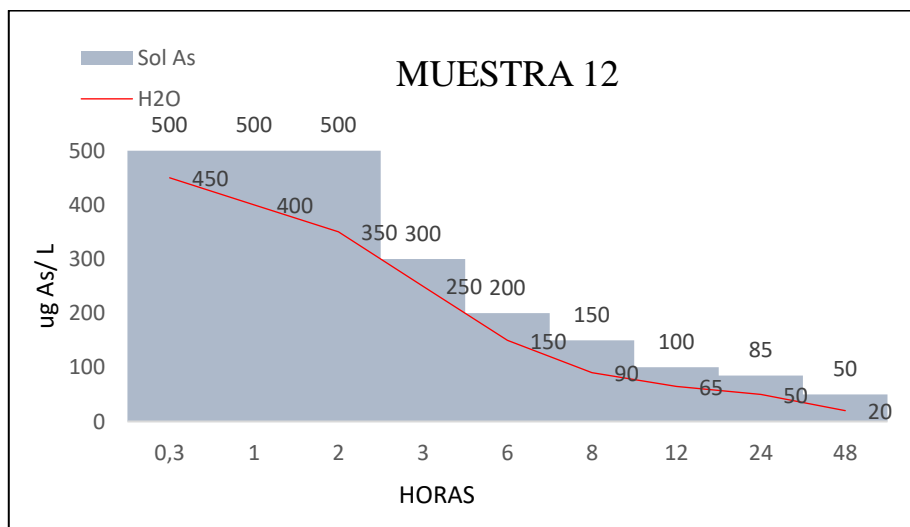
Figura 23. Gráfica de predicción de desorción Muestra 11 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 25, muestra número doce indican 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 10% 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 20% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 150, 90, 65, 50, 20 ugAs/l.

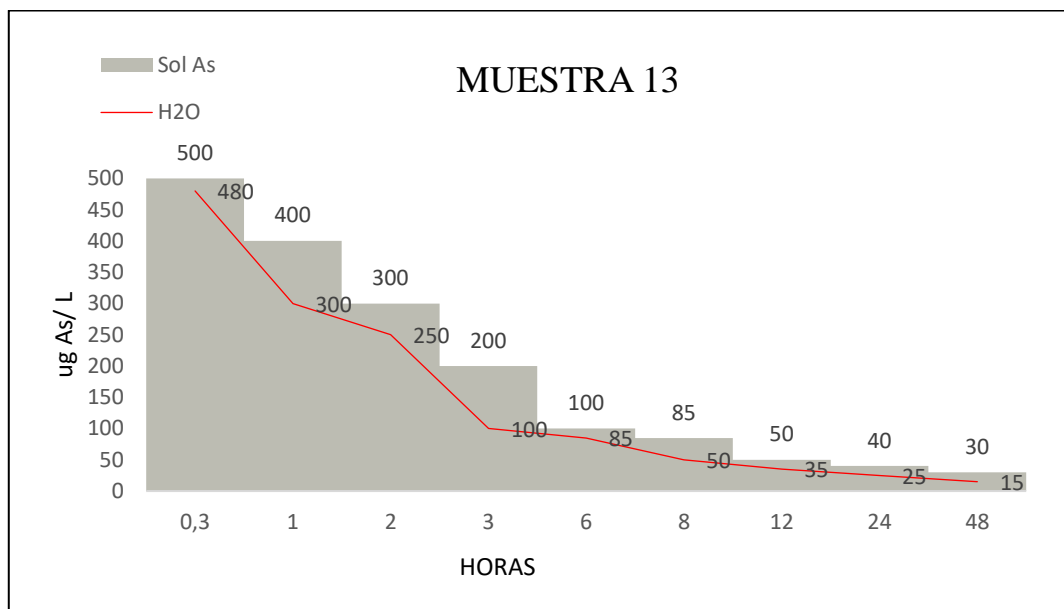
Figura 24 Gráfica de predicción de desorción Muestra 12 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 26, muestra número trece indican 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 15% 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 25% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85, 50, 25, 15 ugAs/l

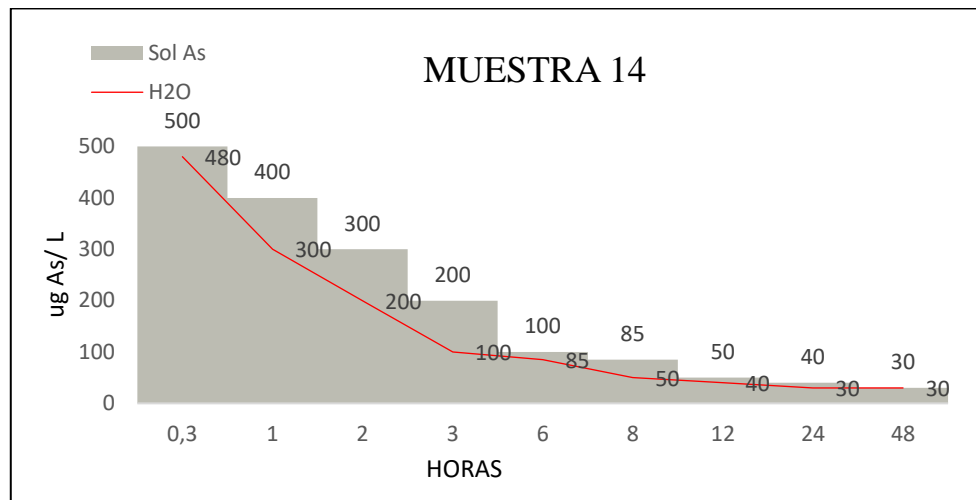
Figura 25 Grafica de predicción de desorción Muestra 13 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 27, muestra número catorce indican 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 15% 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 25% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85, 50, 25, 15 ugAs/l

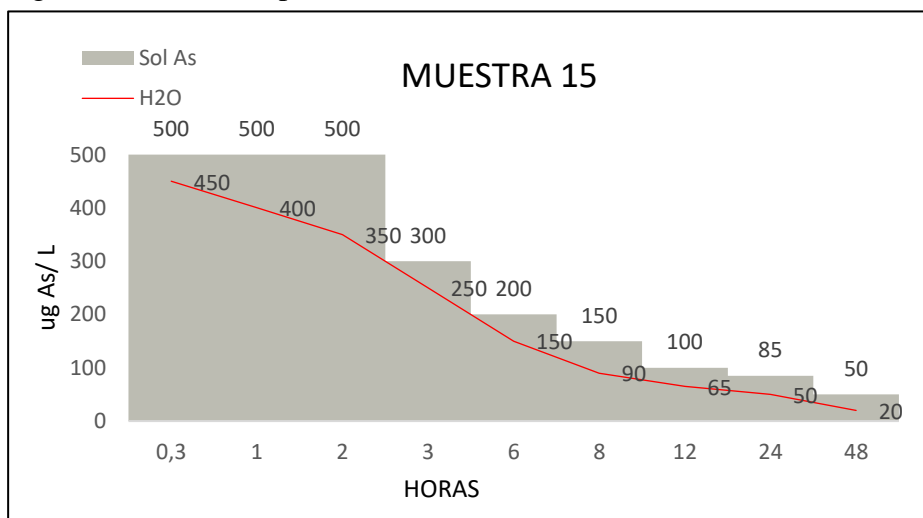
Figura 26 Grafica de predicción de desorción Muestra 14 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 28, muestra número quince indica 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 15% 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 25% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85, 50, 25, 15 ugAs/l

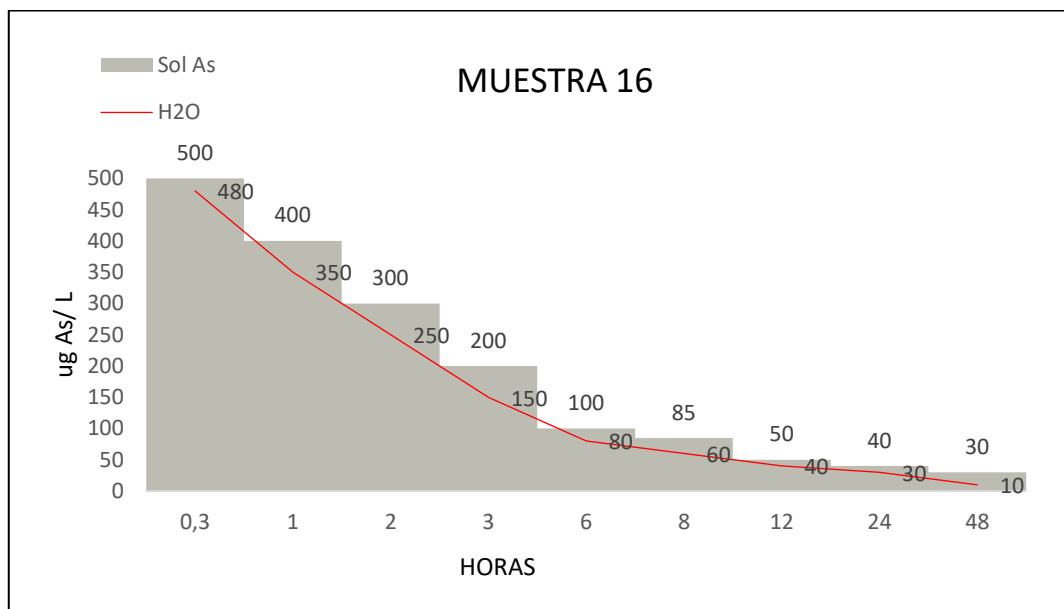
Figura 27 Grafica de predicción de desorción Muestra 15 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la, figura 29, muestra número dieciséis nos indican 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 10% de As previamente adsorbido para las Co de 480,350,250,150 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 20% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 80,60,40,10ugAs/l

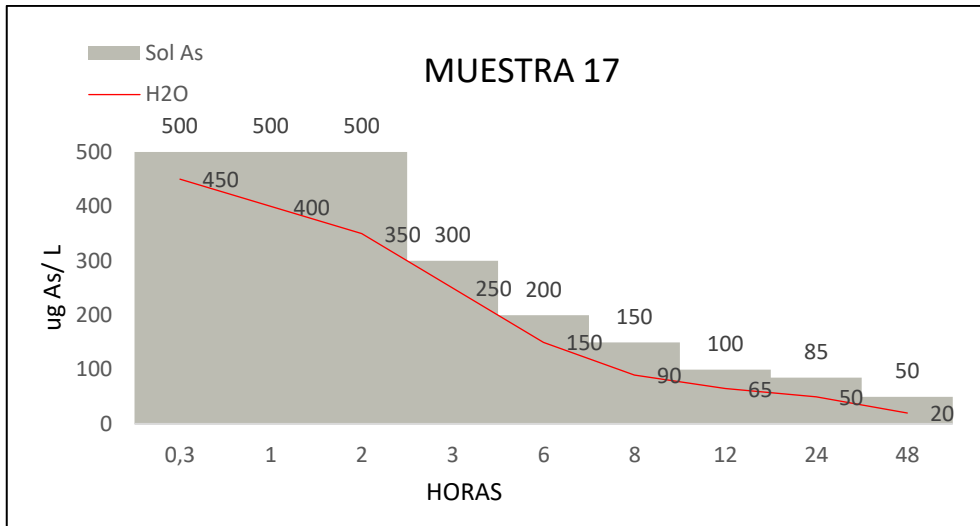
Figura 28 Grafica de predicción de desorción Muestra 16 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 30, muestra número diecisiete indican 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 20% 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 25% a 55% de As previamente adsorbido para las Co de 150,90,65,50,20 ugAs/l

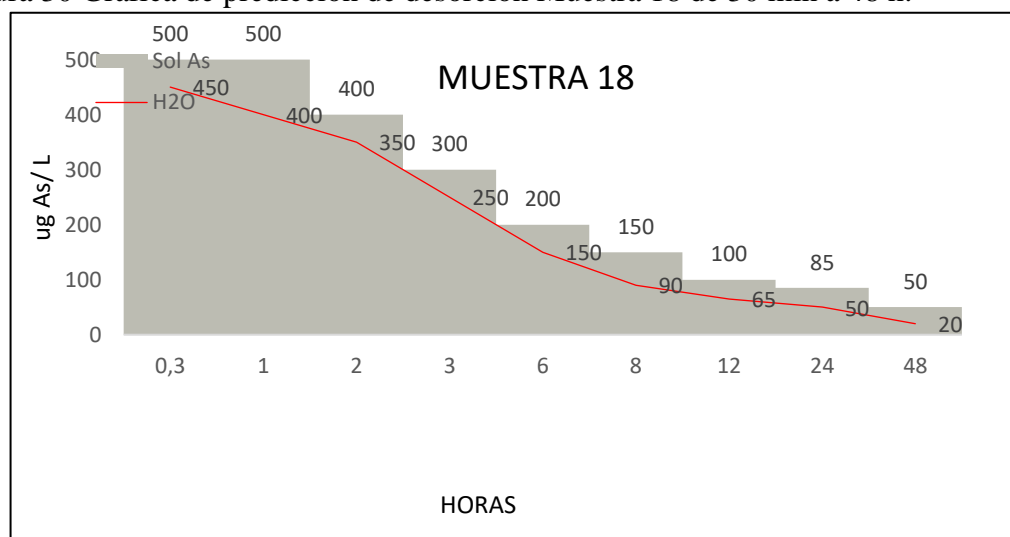
Figura 29. Grafica de predicción de desorción Muestra 17 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 31, muestra número dieciocho nos indican 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 15% 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 25% a 60% de As previamente adsorbido para las Co de 150, 90, 65, 50, 20 ugAs/l

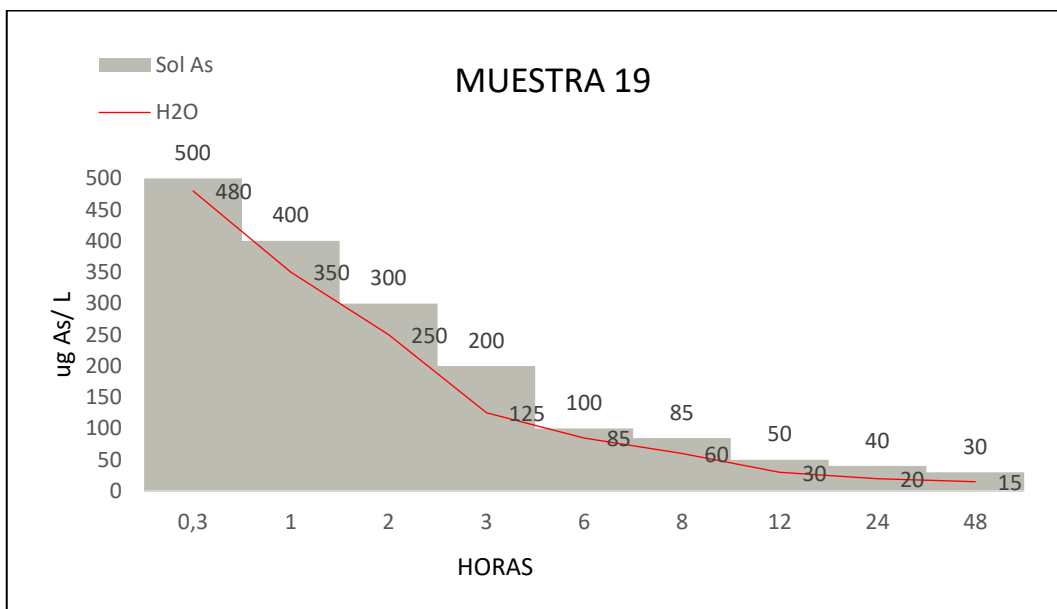
Figura 30 Grafica de predicción de desorción Muestra 18 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la, figura 32 muestra número diecinueve nos indican 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 20% de As previamente adsorbido para las Co de 480,350,250,125 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 30% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85,60,30,20,15 ugAs/l

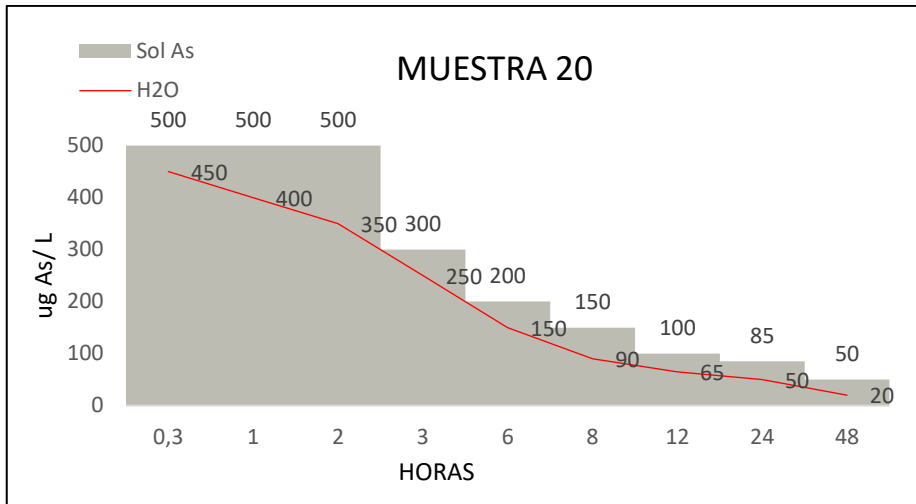
Figura 31 Grafica de predicción de desorción Muestra 19 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 33, muestra número veinte indican 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 25% 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 30% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 90,65,50,20 ugAs/l

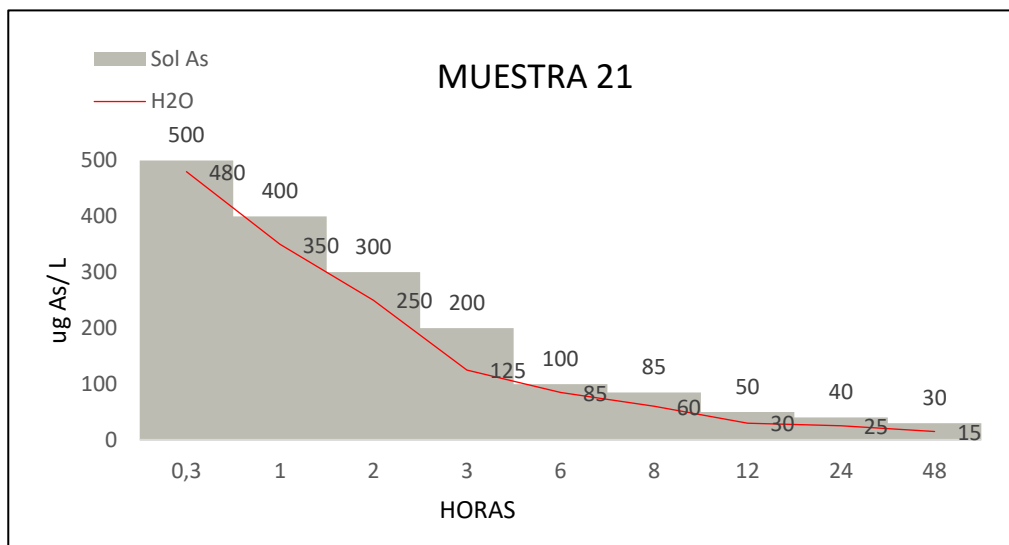
Figura 32 Grafica de predicción de desorción Muestra 20 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la figura 34 muestra número veintiuno nos indican 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 20% de As previamente adsorbido para las Co de 480,350,250,125 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 30% a 50% de As previamente adsorbido para las Co de 85,60,30,25,15 ugAs/l

Figura 33 Grafica de predicción de desorción Muestra 21 de 30 min a 48 h

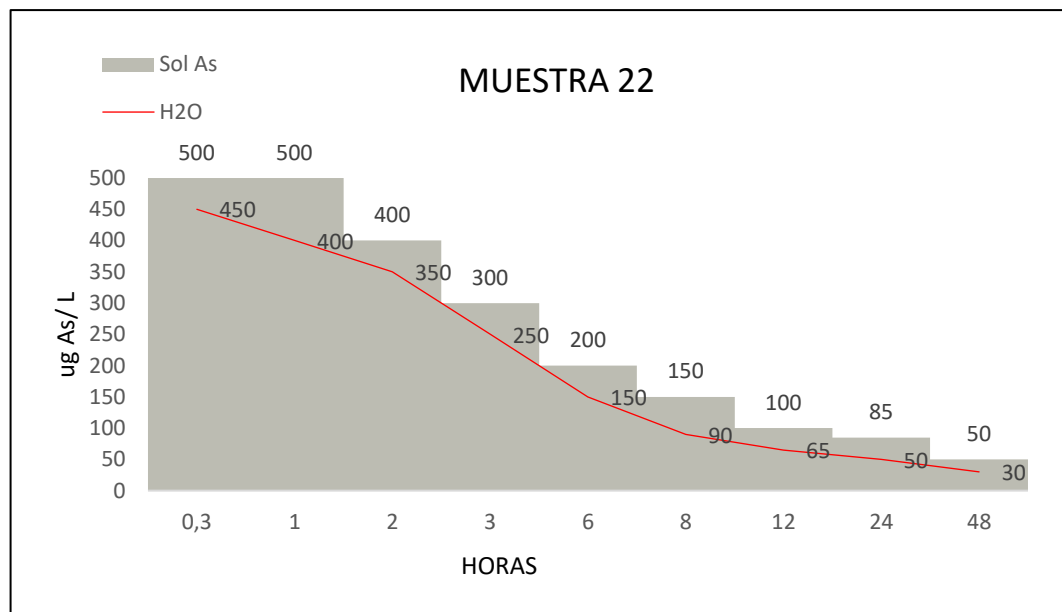


Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

Los datos obtenidos en la muestra número veintidós nos indican 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 15% 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 25% a 60% de As previamente adsorbido para las Co de 150,90,65,50,20 ugAs/l.

Figura 34 Grafica de predicción de desorción Muestra 22 de 30 min a 48 h.



Elaborado por: Davalos Mateo y Steven Manobanda

9.7. ANALISIS EN BASE A LA PREGUNTA CIENTÍFICA

El análisis de los datos reveló, que se obtuvieron desorciones después de la agitación durante los tiempos establecidos de 30 minutos, 1 hora, 2 horas y 3 horas, alcanzando una desorción del 20% del As previamente adsorbido para concentraciones iniciales (Co) de 450, 400, 350 y 250 $\mu\text{g As/L}$. En soluciones con concentraciones menores de As, se obtuvieron desorciones después de la agitación durante los tiempos establecidos de 6, 8, 12, 24 y 48 horas, logrando una desorción del 25% al 55% del As previamente adsorbido para concentraciones iniciales (Co) de 150, 90, 65, 50 y 20 $\mu\text{g As/L}$. Estableciendo que en el tiempo la caliza, basalto y conglomerado metamórfico no solo mantiene condiciones de amortiguación en pH, sino que en iones y arsénico tiene condiciones de retención por capacidad e intercambio hasta de un 70% . Siendo minerales que pueden servir para mejorar suelo y agua. Por consiguiente cabe rechazar la hipótesis nula planteada y aceptar la hipótesis alternativa del proyecto de investigación, varias

investigaciones establecen que se puede mejorar la retención de contaminantes agregando geles, zeolita, arenas y biochar y carbón activado, Pérez Guerrero, J. S., & Rojas Rojas, L. V. (2020).

IMPACTOS.

9.8. AMBIENTALES

El conocimiento de características físico químicas de distintos minerales permite generar filtros ambientales que adsorben metaloides tóxicos presentes en el medio ambiente y la especiación de éste depende de diversos factores químicos, físicos y biológicos., Este trabajo, trata sobre el impacto que tiene la adsorción y desorción de arsénico, en el medio ambiente, el riesgo que representa la para el suelo , así como los mecanismos bioquímicos microbianos para la oxidación del arsenito, disminuir su toxicidad y el desarrollo de estrategias limpias y amigables con el medio ambiente para la remoción de arsénico de aguas y suelos contaminados.

9.9. SOCIALES

La exposición a diversos contaminantes inorgánicos, puede causar varios efectos sobre la salud, como es irritación del estómago e intestinos, disminución en la producción de glóbulos rojos y blancos, cambios en la piel, e irritación de los pulmones. En tal sentido son indispensables estos estudios para fortalecer la participación de GADS, empresas que se incluyan en la responsabilidad ambiental y tecnologías más limpias.

CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES

9.10. CONCLUSIONES

- La presencia significativa de basalto con un 40% de presencia en los transectos recorridos, y arenisca de igual porcentaje con un 40% en la muestra sugiere que la región estudiada tiene una historia geológica compleja. Estos dos tipos de rocas pueden haberse formado en diferentes etapas geológicas y condiciones ambientales. La arenisca, con su porosidad y permeabilidad, podría haber sido depositada en un ambiente fluvial o marino, mientras que el basalto, una roca ígnea, podría haberse originado a partir de erupciones volcánicas. La caliza, aunque menos abundante, también es interesante, ya que se forma por la rápida solidificación de lava rica en gases volátiles. La presencia de basalto y arenisca podría deberse a procesos tectónicos, como

la colisión de placas o la actividad volcánica. La pumita, por otro lado, podría haberse formado durante una erupción volcánica explosiva. Además, los cambios climáticos a lo largo del tiempo podrían haber afectado la deposición de estas rocas. Por ejemplo, períodos de alta erosión podrían haber favorecido la acumulación de arenisca. Composición del sustrato: La composición química y mineralógica del sustrato subyacente también influye en la formación de estas rocas. Diferentes minerales y elementos presentes en el suelo pueden dar lugar a variaciones en la composición de las rocas.

- Los procesos de adsorción y desorción mostraron en una concentración iónica de 240mg/L, 1700 us/cm de conductividad y pH de 7.67 promedio tener efectos de amortiguamiento, conociendo que la caliza tiene potencial de alcalinidad básica. Adicional se estableció que hasta 48% la desorción de arsénico se mantuvo en un margen del 30% estableciendo rendimientos óptimos de mejora de suelos y aguas.
- El análisis de los datos mostró que se lograron desorciones tras la agitación durante 30 minutos, 1 hora, 2 horas y 3 horas, alcanzando un 20% de desorción del arsénico previamente adsorbido para concentraciones iniciales de 450, 400, 350 y 250 $\mu\text{g As/L}$. En soluciones con menores concentraciones de arsénico, se obtuvieron desorciones tras la agitación durante 6, 8, 12, 24 y 48 horas, logrando entre un 25% y un 55% de desorción del arsénico previamente adsorbido para concentraciones iniciales de 150, 90, 65, 50 y 20 $\mu\text{g As/L}$. Se estableció que, con el tiempo, la caliza, el basalto y el conglomerado metamórfico no solo mantienen condiciones de amortiguación del pH, sino que también retienen iones y arsénico hasta en un 70% por capacidad e intercambio. Estos minerales pueden ser útiles para mejorar la calidad del suelo y del agua. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa del proyecto de investigación. Diversos estudios indican que la retención de contaminantes puede mejorarse añadiendo geles, zeolita, arenas, biochar y carbón activado.

11. RECOMENDACIONES

- Motivar a la comunidad educativa y científica del Ecuador a investigar más en las diferentes reservas ecológicas del país para poder tomar acciones a tiempo referente a contaminación por metales pesados ya que la contaminación antrópica cada día es más y perjudica a estas áreas; afectando no solo a ecosistemas importantes para el país sino la vida de miles de seres vivos que usan recursos de estas.
- Incentivar a la Universidad a equipar los laboratorios de la misma con material más actual y con mayor capacidad y muchos otros necesarios para medición de metales pesados, de esta forma motivará más a los estudiantes a realizar investigaciones no solo en la provincia de Cotopaxi sino también del Ecuador y que estas sean las bases para la conservación de estas reservas.
- Estudiar otros parámetros relacionados a los procesos de adsorción como son área superficial y naturaleza de los suelos en base el CIC, esto permitirá mejorar con precisión los resultados de la investigación en cuanto a mejora de suelos.

12 BIBLIOGRAFÍAS

- Aguilera, J. G., Zuffo, A. M., Ratke, R. F., Trento, A. C. S., Lima, R. E., Gris, G. A., ... & Martins, W. C. (2020). Influencia de dosis de polvo de basalto sobre cultivares de soya. *Research, Society and Development*, 9(7), e51973974-e51973974.
- Andrade Linarez, K., Castillo Coaquira, I., & Quispe Riquelme, R. (2020). Determinación de metales pesados en suelos agrícolas y suelos para cultivo de *Solanum tuberosum* de la Bahía interior de Puno. *Investigación & Desarrollo*, 20(1), 147-153.
- Aduvire, O., & Aduvire, H. (2021). Diagnóstico y rehabilitación de bofedales afectados por pasivos ambientales mineros. *Revista de Medio Ambiente y Minería*, 6(1), 17-25.
- ALFARO, J. D. (2016). DETERMINACIÓN DE ARSÉNICO EN AGUA POTABLE DEL CANTÓN DEL GRECIA. Alajuela, Costa Rica.
- 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>.
- Aveiga Ortiz, A. M., Noles Aguilar, P. J., Macías, F. P., & Herrera, E. M. (2020). Distribución de arsénico en agua superficial y sedimento en la cuenca del río carrizal, manabí-ecuador. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 86(3), 260-275.
- 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>
- Bustos, M., Marcelo, M., & Erazo, C. CORRELACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD IN SITU, CALIDAD Y LITOLOGÍA DEL MACIZO ROCOSO. CASO DE ESTUDIO.
- Caicedo-Rosero, L. C., de Jesús Méndez-Ávila, F., Gutiérrez-Zeferino, E., & Flores-Cuautle, J. D. J. A. (2021). Medición de humedad en suelos, revisión de métodos y características. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías del ICBI*, 9(17), 1-8.
- 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.
- Choquetico Rossell, G. J. (2021). Control de la calidad del muestreo de blastholes, litología y control de mineral del banco 3690, tajo ferrobamba mina Las Bambas-Apurímac.

- Cruz Herrera, E. T., & Jimenez Garcia, K. M. (2020). Biomosas residuales en la mitigación de la polución por metales pesados en cuerpos naturales de agua. Revisión sistemática y metanálisis.
- Clunes, J; Navarro, J y Pinochet, D. 2014. VARIACIÓN TEMPORAL DEL CONTENIDO DEMATERIA 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. (Enlínea).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.
- Díaz Aguilera, J. H. (2024). *Estudio del diseño eficiente, optimización, durabilidad y sostenibilidad de una pasta de cemento activado alcalinamente con base en metacaolín y piedra caliza* (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León).
- 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.
- LA HORA (2020). “*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 E (2020). “*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>

- 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.
- 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.
- Kroonenberg, S. B. (1982). Litología, metamorfismo y origen de las granulitas del Macizo de Garzón, Cordillera Oriental (Colombia). *Geologia Norandina*, 39-46.
- Leicester, D., Amezaga, J., & Heidrich, E. (2020). Is bioelectrochemical energy production from wastewater a reality? Identifying and standardising the progress made in scaling up microbial electrolysis cells. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 133, 110279.
- 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.
- Martínez, 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.
- Martínez-González, A., Pérez-Esteban, J., Masaguer, A., & Moliner, A. (2021). Study of the desorption of heavy metals in contaminated soils.
- Matías Ramos, M., Gómez Díaz, J. D., Monterroso Rivas, A. I., Uribe Gómez, M., Villar Hernández, B. D. J., Ruiz García, P., & Asencio, C. (2020). Factores que influyen en la erosión hídrica del suelo en un bosque templado. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 51-71.
- Minera, G. N. (2014). GEOLOGÍA, Muestreo de suelos. Quito.
- Martínez, Z., & González, M. (2017). Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados, zona minera El Alacrán, Colombia. *Temas Agrarios*, 22(2), 21-31. <https://doi.org/10.21897/rta.v22i2.941>.
- Martínez-López, S., Andreo-Martínez, P., Pérez-Sirvent, C., & Sánchez, M. J. M. (2022). Mineralogía y dinámica del arsénico en suelos de mina. *Afinidad*, 79(595), 255-263.

- 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.
- 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>
- PUGA, Soraya et al. Contaminación por metales pesados en suelo provocada por la industria minera: Heavy metals pollution in soils damaged by mining industry. *Ecol. apl.* [online]. 2006, vol.5, n.1-2 [citado 2021-02-01], pp.149-155.
- Pérez Guerrero, J. S., & Rojas Rojas, L. V. (2020). Desarrollo de un filtro rápido de arena, para mejorar las condiciones del agua en áreas rurales, zona de estudio: Carmen de Carupa–Cundinamarca (2020-2021).
- Reyes-Javier, G. C., Chaupis-Cadillo, R. F., Iglesias-Osores, S., & Barreto-Pio, C. (2020). Remoción de arsénico en agua con zeolitas naturales con cloruro férrico.
- Rivero Turrau, A. (2021). *Efecto del pH en la cinética de disolución de MoO₂* (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2021). Efecto del pH sobre la concentración de nutrientes en cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonia Colombiana. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 24(1).
- Romero, D. C. V., Cardozo, A. P., & Montes, V. D. (2022). Utilización de microalgas como alternativa para la remoción de metales pesados. *RIAA*, 13(1), 10.
- 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.
- Ullauri, N. J. A., Ocampo, R. V. H., & Espinoza, D. V. M. (2024). Incidencia Ambiental De Las Fumigaciones Aéreas En Los Cultivos De Banano De La Hacienda Bella Unión Del Sitio Unión Colombiana Del Cantón Machala. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 2984-2999.

Villalobos-Cifuentes, S., Muñiz-Menéndez, M., & Pérez-Rey, I. (2022). Estudio de la correlación entre la resistencia a la compresión uniaxial y la velocidad de ondas P en arenisca. *Obras y proyectos*, (32), 41-53.