



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE
ISOTERMAS DE LANGMUIR Y FREUNDLICH EN LOS SUELOS
DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA
PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 2020- 2021.**

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

Autores:

Lasluisa Chacha Andrés Sebastián
Toaquiza Chicaiza Katerine Stefania

Tutor:

Ágreda Oña José Luis Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Andrés Sebastián Lasluisa Chacha, con cédula de ciudadanía No. 1850235126; y, Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza, con cedula de ciudadanía No. 1724420839; declaramos ser el autores del presente proyecto de investigación: “Capacidad De Adsorción De Arsénico Mediante Isothermas de Langmuir y Freundlich en los Suelos de la Reserva Ecológica Los Ilinizas en La Provincia De Cotopaxi Durante El Periodo 2020- 2021.”, siendo el Ingeniero Mg. José Luis Agreda Oña, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

Latacunga, 11 de marzo del 2021



Andrés Sebastián Lasluisa Chacha
Estudiante
CC: 1850235126



Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza
Estudiante
CC: 1724420839



Ing. Mg. José Luis Agreda Oña
Docente Tutor
CC: 0401332101

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **ANDRES SEBASTIAN LASLUISA CHACHA**, identificado con cédula de ciudadanía **1850235126** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“Capacidad De Adsorción de Arsénico Mediante Isotermas De Langmuir y Freundlich En Los Suelos De La Reserva Ecológica Los Ilinizas”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

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

Aprobación en Consejo Directivo.- 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Capacidad de adsorción de Arsénico mediante Isotermas de Langmuir y Freundlich en los suelos de la reserva ecológica los Ilinizas”

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 11 días del mes de marzo del 2021.



Lasluisa Chacha Andrés Sebastián
EL CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **KATERINE STEFANIA TOAQUIZA CHICAIZA**, identificado con cédula de ciudadanía **1724420839** de estado civil unión libre, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga, en calidad de Rector Encargado y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Capacidad De Adsorción De Arsénico Mediante Isotermas De Langmuir y Freundlich En Los Suelos De La Reserva Ecológica Los Ilinizas**”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

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

Aprobación en Consejo Directivo. - 26 de enero del 2021

Tutor: Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “Capacidad de adsorción de Arsénico mediante Isotermas de Langmuir y Freundlich en los suelos de la reserva ecológica los Ilinizas”

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

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

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

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 11 días del mes de marzo del 2021.



Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza
LA CEDENTE

Ph.D. Nelson Rodrigo Chiguano Umajinga.
LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE ISOTERMAS DE LANGMUIR Y FREUNDLICH EN LOS SUELOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 2020-2021.”, de Andrés Sebastián Lasluisa Chacha y Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 11 de marzo del 2021



Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

DOCENTE TUTOR

CC: 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Andrés Sebastián Lasluisa Chacha y Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza, con el título del Proyecto de Investigación: “CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE ISOTERMAS DE LANGMUIR Y FREUNDLICH EN LOS SUELOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE EL PERIODO 2020- 2021.”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 11 de marzo del 2021



Lector 1 (Presidente)
Ing. Ph.D. Vicente Córdova Yanchapanta
CC: 1801634922



Lector 2
Lcda. Mtr. Kalina Fonseca Largo
CC: 1723534457



Lector 3
Ing. MSc. Joseline Ruiz Depablos
CC: 1758739062

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar de mi familia, por apoyarme en las buenas y malas decisiones a lo largo de todo este trayecto que se llama vida. Gracias por estar en los momentos difíciles y los momentos que nos demostraron que existe una luz, por enseñarnos a levantarnos a pesar de lo difícil que sea la caída. Gracias a los amigos que supieron alentarme y brindarme su apoyo en especial a ti Sky, Gracias por tu apoyo incondicional.

Bastian

AGRADECIMIENTO

Gracias primeramente a Dios por mantenerme con vida y salud para alcanzar una meta más. Gracias a mi Universidad que me formo con valores y conocimiento. Gracias a mis padres y hermanas por ser el motor más importante en este proceso y apoyarme económica e incondicionalmente para no tirar la toalla. Gracias a mi esposo y mi hijo por ser quienes me dieron fuerzas en los momentos malos y buenos. Quiero también agradecer a mis compañeros quienes me apoyaron moralmente.

Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza

DEDICATORIA

Dedicamos este presente trabajo con todo nuestro corazón a nuestros padres quienes fueron motivación y que debido a su sacrificio, esfuerzo y amor por fin damos por culminado un escalón más en nuestras vidas; a todas aquellas personas que nos rodean y que de alguna u otra manera estuvieron día a día apoyándonos incondicionalmente dándonos consejos y que fueron fuente de motivación por conseguir lo que hoy en día hemos logrado.

Andrés Sebastián Lasluisa Chacha
Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO EN LOS SUELOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE DEL PERIODO 2020- 2021”.

AUTORES: Andrés Sebastián Lasluisa Chacha
Katerine Stefania Toaquiza Chicaiza

RESUMEN

Entre los metales más tóxicos que se encuentra presente en el ambiente es el arsénico ya que su movimiento de transición en el medio es muy accesible porque demuestra concentraciones altas en el agua y suelo y esto conlleva a que tanto la población como el ambiente se encuentren en un estado deplorable y que ciertas especies no puedan crecer en los suelos que contienen mayor cantidad de arsénico o que se desarrollen presentando cierto contenido de arsénico, además que la población que se encuentre habitándola puede verse afectada con problemas de varias enfermedades por lo tanto el objetivo del presente trabajo es determinar la capacidad de adsorción en el suelo de la reserva ecológica los Ilinizas alrededor de las aguas termales en los que se tomaron 22 muestras según el criterio de muestreo del TULSMA, Libro VI anexo 2, para el análisis de estas muestras se procedió a la medición de arsénico presente con el método colorimétrico y luego se la contaminó con arsénico en las diferentes muestras para utilizar el método de las isotermas de Langmuir y Freundlich, donde se trabajó con el flujo de agitación necesario con una solución de 0.05 ml/l con un volumen de 250 ml de solución de arsénico, se evaluó la adsorción a través de isotermas trabajando con tiempos diferentes de 0.05h a 24h dando como resultado una solución completa en el adsorbente en la isoterma de Langmuir ($r^2 = 0.9112$) siendo una correlación aceptable y cantidad máxima adsorbida de arsénico de 2,27 en los puntos mientras que en el modelo de Freundlich ($r^2 = 0.8549$) que no es tan aceptable y que su margen de error es mayor en casi las 22 muestras lo que significa que estos datos no son aceptables para el modelo en la monocapa ya que se muestra la cantidad máxima adsorbida de arsénico de -1,9728 puesto que en el estudio la Isoterma de Langmuir es más aceptable porque su margen de error se da simplemente en 3 muestras que la de Freundlich y esto puede deberse a que el adsorbente con los resultados de su pH que oscila entre 5,54 y 8,19 lo que nos indica que tendrá una máxima retención, además que el Fe que se determinó en este suelo con un máximo de 1255 ppm que hace que exista la retención de arseniatos y arsenitos.

Palabras Clave: Arsénico, Isoterma de Freundlich, Isoterma de Langmuir.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCE AND NATURAL RESOURCES

THEME: “ARSENIC ADSORPTION CAPACITY THROUGH ISOTHERMALS OF LANGMUIR AND FREUNDLICH ON THE SOILS OF THE ECOLOGICAL RESERVE LOS ILINIZAS”

AUTHORS: Andrés Sebastián Lasluisa Chacha
Katerine Stefania Toaquiiza Chicaiza

ABSTRACT

One of the most toxic metalloids that is present in the environment is arsenic since its transition movement in the environment is very accessible because it shows high concentrations in bodies of water and soil, and this leads to both the population and the environment are in a deplorable state, and certain species cannot grow in soils that contain a greater amount of arsenic or that develop with a certain arsenic content; also, the population that is inhabiting this kind of places can be affected with health problems; therefore, the objective of this research is to determine the adsorption capacity in the soil of the Ilinizas ecological reserve around the hot springs in which were taken 22 samples according to the sampling criteria of TULSMA, Book VI Annex 2; to analyze these samples, the arsenic present was measured with the colorimetric method, later they were contaminated with arsenic in the different samples to use the method of the Langmuir and Freundlich isotherms, so the necessary agitation flow was used with a solution of 0.05 ml / l with a volume of 250 ml of arsenic solution, the adsorption through isotherms was evaluated working with different times of 0.05h to 24h resulting in a complete solution in the adsorbent in the Langmuir isotherm ($r^2 = 0.9112$) which is an acceptable correlation, and maximum adsorbed amount of arsenic of 2.27 in the points while in the Freundlich isotherm ($r^2 = 0.8549$) that is not so acceptable, and its margin of error is greater in almost the 22 samples which means that these data are not acceptable for the model in the monolayer because the maximum adsorbed amount of arsenic of -1.9728 is shown since in the study the Langmuir Isotherm is more acceptable because its margin of error is simply given in 3 samples than Freundlich, and this may be due to the fact that the adsorbent results of its pH range between 5.54 and 8.19 which indicates that it will have maximum retention, in addition to the Fe found in this soil with a maximum of 1255 ppm that causes the retention of arsenates and arsenites.

Keywords: Arsenic, Freundlich isotherm, Langmuir isotherm.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

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 INVESTIGACIÓN.....	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
DEDICATORIA	xi
RESUMEN.....	xii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. BENEFICIARIOS	4
4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS.....	6
Objetivo General	6
Objetivos Específicos	6
5.1. Diagrama de Actividades	6
6. MARCO TEÓRICO.....	8
7.2. Propiedades físicas del suelo.	8
7.2.1. El color.	8
7.2.2. Textura.....	8
7.2.3. Estructura.....	9
7.2.4. Capacidad para retener el agua.	9
7.3. Propiedades químicas del suelo.	9
7.3.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC):	9
7.3.2. El pH.....	9
7.4. Características biológicas del suelo.....	10
7.4.1. La materia orgánica	10
7.1.1. Fertilidad.....	10
7.1.1. Macro fauna	11
7.1.2. Meso fauna.....	11
7.1.3. Microfauna.....	11
7.2. Arsénico.....	12

7.2.1.	Propiedades físicas del arsénico.....	12
7.1.1.	Compuestos de arsénico	12
7.1.2.	Toxicidad del arsénico.....	13
7.1.3.	Movilidad del Contaminante	14
7.1.4.	El efecto del pH y Eh	15
7.1.5.	El papel de la Fe, Al, óxidos de Mn y oxi-hidróxidos.....	15
7.1.6.	Concentración de P y otros elementos en el suelo	16
7.1.7.	La Adsorción de Arsénico	17
7.2.	Isoterma	17
7.3.	Isoterma de Langmuir.....	17
7.4.	Isoterma de Freundlich	18
7.5.	Análisis de laboratorio.....	18
7.5.1.	Análisis químico y físico de suelos.	18
7.6.	Muestreos de suelo	18
7.6.1.	Tipos de muestreo.	19
7.7.	Reserva Ecológica los Ilinizas	19
7.7.1.	Características.	20
7.7.2.	Geología.....	20
7.7.3.	Suelo.....	21
7.7.4.	Volcanismo.	21
7.7.5.	Flora.....	21
7.1.1.	Fauna.	22
7.	MARCO METODOLÓGICO	23
8.1.	Tipos de Investigación	23
8.1.1.	Investigación Descriptiva.....	23
8.1.2.	Investigación bibliográfica.....	23
8.1.3.	Investigación de campo.....	23
8.1.4.	Investigación analítica	23
8.2.2.	Método inductivo.....	23
8.2.3.	Método sistémico.....	24
8.2.4.	Método comparativo.....	24
8.3.1.	Observación directa.	24
8.3.2.	Análisis de Datos.....	24
8.4.	Metodología para el Diseño no experimental	24
8.4.1.	Área de Estudio	25

8.4.2.	Análisis de Muestras	26
8.4.3.	As en la Reserva ecológica los Ilinizas	26
8.4.4.	Capacidad de Adsorción	26
8.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
9.1.	Caracterización del Adsorbente	30
9.2.	Isotermas de Adsorción	33
9.	IMPACTOS	62
	Ambiental	62
	Social	62
10.	PRESUPUESTO	62
11.	CONCLUSIONES	63
12.	RECOMENDACIONES	64
	BIBLIOGRAFÍA	65
13.	ANEXOS	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<i>Ilustración 1 Interacciones As-suelo y estrategias para gestionar la disponibilidad de arsénico y la movilidad en los suelos.</i>	14
<i>Ilustración 2 Mapa de Ubicación R.E.I</i>	20
<i>Ilustración 3 Mapa geográfica de la reserva</i>	29
<i>Ilustración 4 Mapa de área de estudio</i>	30
<i>Ilustración 5 Análisis de As</i>	32
<i>Ilustración 6 Isoterma de Lagmuir en Punto 1</i>	35
<i>Ilustración 7 Isoterma de Lagmuir en Punto 1</i>	35
<i>Ilustración 8 Isoterma de Lagmuir en Punto 3</i>	36
<i>Ilustración 9 Isoterma de Lagmuir en Punto 4</i>	36
<i>Ilustración 10 Isoterma de Lagmuir en Punto 5</i>	36
<i>Ilustración 11 Isoterma de Lagmuir en Punto 6</i>	37
<i>Ilustración 12 Isoterma de Lagmuir en Punto 7</i>	37
<i>Ilustración 13 Isoterma de Lagmuir en Punto 8</i>	38
<i>Ilustración 14 Isoterma de Lagmuir en Punto 9</i>	38
<i>Ilustración 15 Isoterma de Lagmuir en Punto 10</i>	38
<i>Ilustración 16 Isoterma de Lagmuir en Punto 11</i>	39
<i>Ilustración 17 Isoterma de Lagmuir en Punto 12</i>	39
<i>Ilustración 18 Isoterma de Lagmuir en Punto 13</i>	40
<i>Ilustración 19 Isoterma de Lagmuir en Punto 14</i>	40
<i>Ilustración 20 Isoterma de Lagmuir en Punto 15</i>	40
<i>Ilustración 21 Isoterma de Lagmuir en Punto 16</i>	41
<i>Ilustración 22 Isoterma de Lagmuir en Punto 17</i>	41
<i>Ilustración 23 Isoterma de Lagmuir en Punto 18</i>	42
<i>Ilustración 24 Isoterma de Lagmuir en Punto 19</i>	42
<i>Ilustración 25 Isoterma de Lagmuir en Punto 20</i>	43
<i>Ilustración 26 Isoterma de Lagmuir en Punto 21</i>	43
<i>Ilustración 27 Isoterma de Lagmuir en Punto 22</i>	43
<i>Ilustración 28 Margen de error de Isoterma de Langmuir</i>	46
<i>Ilustración 29 Isoterma de Freundlich en el Punto 1</i>	47
<i>Ilustración 30 Isoterma de Freundlich en el Punto 2</i>	48
<i>Ilustración 31 Isoterma de Freundlich en el Punto 3</i>	48
<i>Ilustración 32 Isoterma de Freundlich en el Punto 4</i>	49
<i>Ilustración 33 Isoterma de Freundlich en el Punto 5</i>	49
<i>Ilustración 34 Isoterma de Freundlich en el Punto 6</i>	50
<i>Ilustración 35 Isoterma de Freundlich en el Punto 7</i>	50
<i>Ilustración 36 Isoterma de Freundlich en el Punto 8</i>	51
<i>Ilustración 37 Isoterma de Freundlich en el Punto 9</i>	51
<i>Ilustración 38 Isoterma de Freundlich en el Punto 19</i>	52
<i>Ilustración 39 Isoterma de Freundlich en el Punto 11</i>	52
<i>Ilustración 40 Isoterma de Freundlich en el Punto 12</i>	53
<i>Ilustración 41 Isoterma de Freundlich en el Punto 13</i>	53
<i>Ilustración 42 Isoterma de Freundlich en el Punto 14</i>	54

<i>Ilustración 43 Isoterma de Freundlich en el Punto 15</i>	55
<i>Ilustración 44 Isoterma de Freundlich en el Punto 16</i>	55
<i>Ilustración 45 Isoterma de Freundlich en el Punto 17</i>	56
<i>Ilustración 46 Isoterma de Freundlich en el Punto 18</i>	56
<i>Ilustración 47 Isoterma de Freundlich en el Punto 19</i>	57
<i>Ilustración 48 Isoterma de Freundlich en el Punto 20</i>	57
<i>Ilustración 49 Isoterma de Freundlich en el Punto 21</i>	58
<i>Ilustración 50 Isoterma de Freundlich en el Punto 22</i>	58
<i>Ilustración 51 Margen de error en la Isoterma de Freundlich</i>	61

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1 Beneficiarios</i>	4
<i>Tabla 2 Matriz de actividades por objetivo</i>	6
<i>Tabla 3 Análisis Granulométrico</i>	30
<i>Tabla 4 Análisis del Absorbente</i>	31
<i>Tabla 5 Análisis del Suelo</i>	31
<i>Tabla 6 Concentraciones de As</i>	32
<i>Tabla 7 Isoterma de Adsorción datos</i>	33
<i>Tabla 8 Ecuación de Langmuir</i>	34
<i>Tabla 9 Datos Obtenidos de Ecuación Lineal con respecto a R2</i>	44
<i>Tabla 10 Ecuación de Freundlich</i>	46
<i>Tabla 11 Capacidad de Adsorción de AS</i>	59
<i>Tabla 12 Presupuesto</i>	62

ESTRUCTURA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PROYECTO DE TITULACIÓN I

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

Determinación de la capacidad de adsorción de arsénico en los suelos de la Reserva Ecológica los Ilinizas en la provincia de Cotopaxi durante del periodo 2020- 2021.

Fecha de inicio: 04-11-2020

Fecha de finalización: 19-03-2021

Lugar de Ejecución

Parroquia San Juan de Pastocalle
Cantón Latacunga
Provincia de Cotopaxi

Zona 3 Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que Auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que Auspicia:

Ingeniería Ambiental

Proyecto de Investigación Vinculado:

Manejo y Conservación del Recurso Suelo

Equipo de Trabajo:

Coordinador de Proyecto de Investigación:

Tutor de Titulación: Mg. José Luis Agreda Oña

Estudiantes: Toaquiza Chicaiza Katerine Stefania- Lasluisa Chacha Andrés Sebastián

Área de Conocimiento

Recursos Naturales y Ciencias de la Tierra

Línea de investigación

Análisis y Conservación y Aprovechamiento de la Diversidad Local.

La diversidad biológica forma parte intangible del patrimonio nacional en la

agricultura, en la salud como medicina, en actividades con animales, adicionalmente en rituales, tradiciones, costumbre de la etnia.

Esta línea está enfocada en la generación de lucidez para mejorar el aprovechamiento de la diversidad biológica local, basado en la caracterización agronómica, morfológica, genómica, física, bioquímica y usos antiguos de los recursos aledaños. Esta información será fundamental para establecer planes de manejo, de producción y de conservación del patrimonio natural.

Sub líneas de Investigación de la Carrera:

Análisis y conservación y aprovechamiento de la diversidad local.

- Manejo y conservación de la biodiversidad

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

- Manejo y conservación del recurso suelo

Línea de Vinculación:

Análisis, Conservación y Aprovechamiento de la Biodiversidad Local.

Gestión de Recursos Naturales, Biodiversidad, Biotecnología y Genética, para el Desarrollo Humano y Social.

2. JUSTIFICACIÓN

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

Los diferentes problemas de contaminación por Arsénico (As) que se encuentran en el suelo proyecta una de las más severas problemáticas que implican a la seguridad alimentaria, salud pública a nivel global y local y ambiental, existe poca información sobre los tratamientos que se le debería dar a la reducción del arsénico en aguas de consumo humano, para ello se opta por presentar la capacidad de adsorción de los suelos de la Reserva los Ilinizas, utilizando el método de la determinación de la Isoterma de Langmuir ya que es una alternativa económica práctica y viable.

El presente proyecto de investigación pretende realizar Isotermas de Langmuir para la adsorción de arsénico en los suelos de la Reserva los Ilinizas mediante el muestreo de suelos en diferentes pisos altitudinales para así poder analizar el comportamiento del mismo, y los posibles resultados a obtener demostrarán la capacidad de adsorción de arsénico mediante una isoterma. Los resultados de esto servirán para poder diseñar procesos de tratamiento o remediación de suelos que han sido contaminados con arsénico, he incluso a dar tratamiento a los efluentes contaminados con arsénico, sin repercusiones en la flora, fauna y poblaciones aledañas. Y así poder frenar en gran parte la contaminación de zonas con dicha problemática beneficiando así a futuras investigaciones que se quieran realizar, netamente esta información servirá para la realización de un posible (PMA) Plan de Manejo Ambiental en el tema de abastecimiento de agua no contaminada, de igual manera para los estudiantes que quieran investigar sobre la flora de esta zona y basarse en los resultados arrojados por la adsorción de arsénico contenido razón por la cual el suelo y las plantas contendrán no la misma adsorción de arsénico por lo cual es un dato muy importante conocer este estudio.

3. BENEFICIARIOS

Tabla 1 Beneficiarios

Beneficiarios Directos	La Provincia de Cotopaxi
Beneficiarios Indirectos	Estudiantes de la Universidad Técnico de Cotopaxi y Población.

Elaborado por: Toaquiza K. y Lasluisa A.

4. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

El arsénico (As) este metal es considerado como uno de los metaloides más tóxicos que está presente en el ambiente y la especiación de éste dependería de algunos factores químicos, físicos y biológicos, es de fácil movilización en el medio y las altas concentraciones de arsénico en agua y suelo se han convertido en un problema global ya que en la exposición a dosis elevadas, derivados de arsénico inorgánico puede producir síntomas como; conjuntivitis, bronquitis y disnea, seguidos por molestias gastrointestinales y vómitos, posteriormente síntomas cardíacos y shock irreversible ya que 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 los que dependen del estado de oxidación del arsénico, de su concentración, del pH y de la competencia con otros aniones presentes, como el fosfato, también se lo puede encontrar en torno a un tercio del arsénico presente en la atmósfera, el mismo que procede 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 el arsénico en los suelos y específicamente también en Cotopaxi en la Reserva Ecológica los Ilinizas que cuenta con un suelo que contiene arsénico, mismo que es penetrado en el aire, los afluentes de agua y el suelo a través de tormentas de polvo y aguas de escorrentía, entonces, 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, 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 Ilinizas 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 disposición de arsénico en el agua que proviene de 15 vertientes de los Ilinizas 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 del 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*.

5. OBJETIVOS

Objetivo General

Determinar la capacidad de adsorción en los suelos de la Reserva Ecológica los Ilinizas en la provincia de Cotopaxi durante del periodo 2020- 2021.

Objetivos Específicos

- Identificar los puntos del área de estudio para la toma de muestras mediante georreferenciación.
- Analizar el suelo de las muestras de la Reserva Ecológica los Ilinizas.
- Analizar el contenido de arsénico que se encuentre presente en suelos del área de estudio mediante análisis en laboratorio.
- Mostrar la capacidad de adsorción del arsénico en los suelos del área de estudio mediante las Isotermas de Langmuir y Freundlich.

5.1. Diagrama de Actividades

Tabla 2 Matriz de actividades por objetivo

OBJETIVOS	TAREAS	RESULTADOS	DESCRIPCION
Identificar los puntos del área de estudio para la toma de muestras mediante georreferenciación.	Delimitar en un plano tridimensional los puntos para el muestreo.	Mapa delimitado para el muestreo.	Se delimito el área de estudio, con la ayuda de software QGIS, la que ayudo para la delimitación de puntos a muestrear.
	Visita in-situ. Tomar las muestras considerando los puntos a muestrear.	Mapa de la reserva ecológica de los Ilinizas.	
Analizar el suelo de las muestras de la reserva Ecológica los Ilinizas.	Toma de muestras de suelos, y numeración	El muestreo se realizó siguiendo los protocolos de traslado, numeración y almacenamiento.	El traslado y el muestreo se realizó con ayuda de palas y fundas ziploc los cuales se analizaron en laboratorios.
	Almacenamiento y traslado de muestras.		
	Envió a laboratorio		

Analizar el contenido de arsénico que se encuentre presente en suelos del área de estudio mediante análisis en laboratorio.	Preparación de la muestra de suelo.	Por cada punto de muestreo se procedió a dejar el tiempo establecido en el agitador magnético.	En la preparación del soluto se utilizó el EPP para evitar algún tipo de contaminación por dicho elemento
	Pesar el suelo.		
	Mezclar el suelo con la solución.		
	Colocar la solución en el agitador magnético por los tiempos establecidos	La medición de arsénico dio diferentes valores por cada tiempo de agitación	La concentración de arsénico se midió antes de la centrifugación donde le separa la parte solida de la liquida la cual después se midió con el kit colorimétrico
Mostrar la capacidad de adsorción del arsénico en los suelos del área de estudio mediante las Isotermas de Langmuir y Freundlich.	Elaborar la tabla de resultados correspondiente a los datos obtenidos de la medición de arsénico en relación al tiempo establecido	Las isotermas de Freundlich y Langmuir	En la aplicación de las fórmulas se consideró los datos de los análisis de laboratorio y se elaboraron las isotermas
	Aplicación de la fórmula de Freundlich		
	Aplicación de la fórmula de Langmuir		

6. MARCO TEÓRICO

7.1. El Suelo.

Fabio G. (2015) mencionó que “El suelo es la parte superior de tierra compuesta de sólidos, líquidos y gases en donde se desarrollarán las raíces de las plantas”, además que (Burbano H.,2016, p.119) describe que “El suelo capta, infiltra y almacena el agua en el ámbito del ciclo hidrológico y permite así la recarga de los acuíferos”.

7.2. Propiedades físicas del suelo.

Fabio G. (2015) argumenta que:

La tierra o suelo está compuesto por sustancias sólidas, tales como minerales de rocas y residuos de plantas y animales; agua y aire, inclusive algunas propiedades físicas del suelo se pueden sentir, oler y/o medir y están íntimamente relacionadas con la estructura, textura, color y capacidad para sostener el agua, lo que conlleva, de estas propiedades dependería si el suelo es apto para la siembra.

7.2.1. El color.

Girard H. y Rougieux R. (2017) comenta que:

El color en el suelo se sujeta a la composición, que incluye niveles de minerales y materia orgánica como los más rojizos tienen mejor circulación de aire y agua, mientras que los pálidos pueden significar que tiene poca materia orgánica y han durado mucho tiempo encharcados.

7.2.2. Textura.

Girard H. y Rougieux R. (2017) afirma que:

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 inclusive la proporción de estas tres es fundamental para saber si el suelo es viable para la siembra de hortalizas.

7.2.3. Estructura.

Girard H. y Rougieux R. (2017) argumenta que:

La estructura es la manera de agrupación de partículas en el suelo y los espacios. Inclusive una excelente composición de suelo se distingue por su mezcla de macroporos, por donde circula el agua y el drenaje; y los microporos, que almacenan el líquido.

7.2.4. Capacidad para retener el agua.

Girard H. y Rougieux R. (2017) manifiesta que:

La fase 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. Lo que incluye en el retenimiento del agua depende de los poros disponibles; tales como suelos ideales para siembra deben tener una capacidad pareja en la que circule el agua, pues el aire en exceso pudre la planta, mientras que una cantidad excesiva de agua puede reducir el vigor de la planta.

7.3. Propiedades químicas del suelo.

Las propiedades químicas son variables, y se requiere hacer un análisis para saber con precisión cuáles están presentes, cuáles faltan y cuáles están en exceso.

7.3.1. Capacidad de Intercambio Catiónico (CEC):

Malagon D, y Montenegro G, (2011) argumenta que:

Esta es la habilidad del suelo para retener iones positivos. Por lo tanto, si mayor sea el CEC, mayor será la cantidad de potasio, amonio, calcio, magnesio, zinc, cobre, fierro y manganeso. Ya que en el proceso es similar al de un magneto ya que los polos del mismo signo 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.

7.3.2. El pH.

Chang (2014) en su investigación manifiesta que:

El pH mide qué tan ácido o alcalino es un suelo. Ya que el rango va de 0 a 14, con un rango neutro en el 7. Del 0 al 7 son rangos ácidos, y arriba del 7 son alcalinos. Por lo tanto, la mayor disposición de nutrientes se encuentra entre 6.5 y 7.5, y los niveles que generan peligro para el desarrollo de la planta se encuentra en un rango menor a 5 y superior a 8. Todo esto se interpreta que la escala del pH es logarítmica que contempla un total de 10 niveles en los que se encuentra desde ácido hasta alcalino.

7.4. Características biológicas del suelo

7.4.1. La materia orgánica

Kamilla, y Vagnerova, (2018) argumenta que:

La materia orgánica es producto de la putrefacción de residuos vegetales y animales en el suelo. Siendo esta contribuyente a la fertilidad del suelo, así como servir como reserva de nutrientes; además, mejora la estructura y porosidad del suelo y regula su actividad microbiológica, disminuye la erosión y almacena agua.

Kamilla, y Vagnerova, (2018) menciona que “el nivel de materia orgánica depende de las lluvias, la temperatura del aire y del suelo, las prácticas culturales, capacidad de filtración y el tipo de planta que esté creciendo”.

Kamilla, y Vagnerova, (2018) manifiesta que:

La descomposición es imprescindible para que la planta pueda tomar los minerales de la materia orgánica, y este proceso puede variar según la humedad, temperatura, tamaño de macro y micro elementos del suelo, la relación de carbón a nitrógeno y la disponibilidad de nitrógeno.

7.1.1. Fertilidad

Vargas, C. (2012). argumenta que “la viabilidad del suelo está sujeta a la capacidad del mismo para mantener el suministro de nutrientes para que sea aprovechado con las plantas. 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:

- Vargas, C. (2012). manifiesta que los macronutrientes se encuentran en mayor disposición en el suelo para que sean asimilados por la planta siendo los principales; Nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio.
- Vargas, C. (2012). establece que los micronutrientes están en menor cantidad, pero se sujetan la estada del suelo porque son indispensables para el desarrollo adecuado de la planta, en los que podemos encontrar: Hierro, manganeso, zinc, boro, cobre, molibdeno, cloro y azufre.

7.1.1. Macro fauna

Amez, M. (2013) expone que

La macro fauna representa a organismos mayores a 1 cm de diámetro. Es decir, los podemos identificar sin usar ningún tipo de equipo en especial y efectúan sobre el suelo cambios físicos y, en algunos casos. cambios químicos. Los cuales son vertebrados, siendo estos organismos que tienen afinidad directa con el suelo y son de vida silvestre. Los Invertebrados, en los cuales se encuentran los moluscos como el caracol y las babosas, anélidos que implica la lombriz de tierra, onicóforos como la oruga. artrópodos como los crustáceos, insectos y miriápodos.

7.1.2. Meso fauna.

Enrique G. M. (2005). argumenta que “Son aquellas con diámetros que están entre doscientas micras y 1 cm, se encargan de producir en el suelo cambios físicos y químicos, en la meso fauna, los de mayor importancia son los nematodos”.

7.1.3. Microfauna

Enrique G. M. (2005). establece que

La microfauna posee un gran peso en de las transformaciones químicas correspondientes a los procesos de humificación y mineralización de la M.O. Ya que poseen un diámetro entre 20 y 200 micras. Siendo estos los de mayor importancia, en los que están los protistas. Las bacterias son los microorganismos más prolíferos del suelo y los más importantes para transformar químicamente diferentes compuestos a formas asimilables por las plantas. En su mayoría son heterótrofas y saprofitas (descomponen compuestos) y algunas son autótrofas (fabrican su propio alimento)

7.2.Arsénico

Acuña P., Araya O., & Romero E (2016) argumentan que

El arsénico es un elemento químico de la tabla periódica cuyo símbolo es As y el número atómico 33. Y que escasamente se presenta de forma sólida, pertenece al grupo de los semimetales, ya que muestra propiedades metálicas y no metálicas

7.2.1. Propiedades físicas del arsénico

- Fórmula Química: As
- Número Atómico: 33
- Masa Atómica: 74,99 g/mol
- Potencial Primero de Ionización: 10,08 e.v
- Densidad: 5,72 g/mol
- Punto de Ebullición: 613°C
- Punto de Fusión: 81 °C

En el ambiente el arsénico generalmente se encuentra combinado con otros elementos y puede “sorberse o desorberse de partículas, y cambiar de estado de oxidación al reaccionar con oxígeno o con otras moléculas del aire, del agua o del suelo o por la acción de microorganismos” (Bundschuh J., Pérez A., Litter M., s.f.). Lo que nos menciona (Galvao L. y Corey G., 1987) quien describe que “el arsénico al combinarse con otros compuestos químicos altera su toxicidad según la solubilidad del compuesto y más si es de origen industrial es más tóxica para el organismo”, así llegando a la acumulación de arsénico en agua, suelo y plantas.

7.1.1. Compuestos de arsénico

Los sitios aeróbicos, los compuestos de arseniatos son las especies estables y se lo encuentran en ambientes con predominancia en arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, y materia orgánica. A demás en suelos con abundante hierro, puede generarse como arseniato de hierro. En ambientes reductoras, los arsenitos abundan (Mandal & Suzuki, 2002).

Las especies orgánicas de arsénico también se pueden encontrar en suelos, aunque su concentración suele suponer menos del 5% del arsénico total. Estas especies pueden proceder de procesos de biometilación derivados de arsénico empleados con fines militares. Los derivados son MMA, DMA y TMAO, encontrados en suelos aerobios, se pueden someter a procesos de reducción por ambientes y condiciones anaeróbicas, generando a metilarsinas volátiles (Jorge, 2012) las especies orgánicas, llevados a cabo por los microorganismos presentes en el suelo, constituyendo lo que podría ser un mecanismo importante de movilización de arsénico. Asimismo, la abundancia de estas especies puede generarse al uso de pesticidas y herbicidas que contengan sales sódicas de MMA y DMA, o al tratamiento y almacenamiento inadecuado.

7.1.2. Toxicidad del arsénico

Agency European Chemicals (2017) argumenta que

El metal llamado arsénico (As) es una de las toxinas esenciales porque se requiere en pequeñas cantidades para el crecimiento y el metabolismo, pero es muy tóxico en altas concentraciones. Inclusive los niveles tóxicos para el ser humano dependerían del compuesto derivado de arsénico y su estructura química ya que se están diferenciándose entre dos tipos de compuestos: inorgánicos y orgánicos. Por lo tanto, los compuestos inorgánicos del arsénico son los más tóxicos, se los encuentra generalmente en los efluentes de 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.

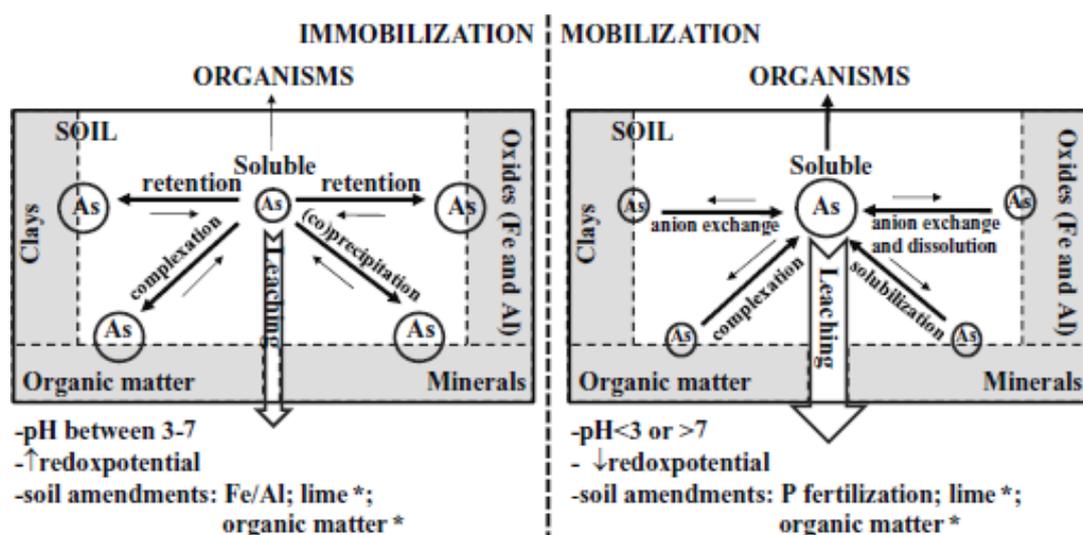
La afirmación de (Castro N., Sánchez F., Rojas R., Tamariz J., Reyes E., 2020) en decir que “la acumulación de metales y As en el suelo puede ser permanente y, en caso el impacto sea moderado aún sigue siendo un representante peligroso para la salud pública ya que estos compuestos pueden alcanzar el manto freático o a su vez pueden ser absorbidos por las plantas afectando la calidad de las mismas y inclusive la seguridad alimenticia”.

7.1.3. Movilidad del Contaminante

La solubilidad de los contaminantes del suelo es un parámetro clave para la comprensión de su posible movilidad. La fracción en la que existen contaminantes solubles, está en un punto de equilibrio con algunos que encontramos presentes en el entorno del suelo. Una vez disuelto en el agua del suelo, los elementos a menudo presentan especies diferentes que tienen diferentes actividades iónicas. Las concentraciones típicas de arsénico de la solución del suelo, bajo condiciones aeróbicas son <50 nM en suelos no contaminados, mientras que pueden alcanzar valores de hasta 2 nM en suelos contaminados. En comparación con otros elementos traza, el arsénico muestra una baja solubilidad en suelos bien aireados. (Moreno, 2010) También comenta que las superficies de intercambio de silicatos y materia orgánica tienden a estar cargadas negativamente, y tienen un mayor grado a retener cationes. En los suelos que tienen un pH bajo (donde las cargas positivas predominan), las condiciones pueden favorecer la retención de As.

Según Rangel E.; Montanez L.; Luevanos M. p. y Balagurusamy N. 2015 Afirman que “Cuando hay mayor presencia geológica natural de arsénico, se pueden encontrar altos niveles en aguas subterráneas”

Ilustración 1 Interacciones As-suelo y estrategias para gestionar la disponibilidad de arsénico y la movilidad en los suelos.



FUENTE: Moreno-Jiménez, Esteban, & Peñalosa, 2012

Figura 1. es una ilustración que representa el equilibrio alcanzado por arsénico entre varias fases del suelo. Desde un punto de vista ecológico y toxicológico, la fracción que contiene los contaminantes en la matriz del suelo es la más importante y debe ser utilizado como un indicador en el análisis de riesgos de contaminación del suelo. Por lo tanto, la fase sólida del suelo es menos importante que la fase líquida o el equilibrio establecido entre las fases sólida y líquida.

7.1.4. El efecto del pH y Eh

En contraste con lo que ocurre con otros elementos traza, un aumento en el pH a menudo provoca una movilización de arsénico en el suelo. En general, un aumento en el pH del suelo provoca una liberación de aniones desde dentro de sus posiciones de cambio, de tal manera que el arseniato y arsenito son liberados (Moreno- Jiménez et al. 2012). Por lo tanto, diversos experimentos (principalmente con suelos de minas) aquellos suelos demuestran valores altos de pH, en presencia de sulfatos y carbonatos, ya que estos pueden generar una coprecipitación de arsénico que termina originando oxi-hidróxidos y sulfatos, o un precipitado de arseniato de calcio (que es ligeramente menos insoluble que el fosfato de calcio). Debida a esta razón, algunos suelos probablemente demuestran su máxima retención de As(V) a un pH cerca de 10,5 (Smedley & Kinniburgh, 2002).

En los tipos de suelos alcalinos con una buena aireación, la solubilidad del Arsénico es limitada por su precipitación como arseniatos de Ca o Fe. Cuando el pH cae por debajo de 2,5 el As (V) se genera un compuesto completamente protonado, lo que hace que sea menos probable que se retenga por las partículas del suelo (Smedley & Kinniburgh, 2002).

As (V) es una forma en la que se encuentra mandante en la que el $\text{pH} + \text{PE} > 10$. Por el contrario, el As (III) es la forma dominante en los suelos en los que el $\text{pH} + \text{PE}$ es menos de 6. En condiciones aeróbicas, los sulfuros son fácilmente oxidados, y como consecuencia el arsénico se libera en el medio ambiente; cuando el pH del suelo está entre 3 y 13, las principales especies encontradas son H_2AsO_4^- y HASO_4^{2-} (Smedley & Kinniburgh, 2002).

7.1.5. El papel de la Fe, Al, óxidos de Mn y oxi-hidróxidos

Los suelos suelen retener cantidades importantes de Fe, Al, óxidos de Mn y oxihidróxidos. La distribución de estos sólidos depende en el suelo el pH y Eh como de los suelos involucrados. En condiciones reductoras, la composición de hidróxidos de Hierro y Manganese se rompe, y el arsénico se fija dentro de la superficie de estos compuestos. La actividad de arsénico con la superficie está controlada por reacciones de retención y liberación a lo largo de las superficies de Fe, Mn, Al y óxidos hidróxidos. Suelos con una mayor cantidad de hierro poseen grandes capacidades de retención de arseniatos y arsenitos (Moreno- Jiménez et al., 2012).

As (V) posee una gran afinidad por la superficie de óxidos de hierro, donde forma complejos. Arseniato tiene una alta afinidad por las superficies de fosfatos, y menor afinidad por óxidos de aluminio. La adsorción de arsénico con óxidos depende la duración de la interacción entre el As y el óxido, la liberación del arsénico será más difícil a mayor disposición de aumento del tiempo de interacción (Moreno- Jiménez et al., 2012).

La adición de Fe al suelo en varias formas inmoviliza el arsénico. Por ejemplo, adiciones de óxidos de Fe, suelos con abundancia en hierro (los de color rojizo), sales inorgánicas Fe o subproductos industriales ricos en Fe, junto con CaCO₃, se han utilizado para aumentar la cantidad de óxidos del suelo, lo que generan, que inmoviliza arsénico. (Moreno- Jiménez et al., 2012).

7.1.6. Concentración de P y otros elementos en el suelo

El anión fosfato (la principal especie de P presente en los suelos), es un análogo al arseniato. La aplicación de P al suelo provoca una liberación del As retenido. Esto se debe a la competencia entre ambos aniones. Estos iones compiten no-específicamente por las condiciones de cambio aniónico. Además, también compiten en las reacciones de formación de complejos. Fosfatos y arseniatos son retenidos con más eficacia que otros aniones, tales como Cl⁻ y NO₃⁻, que se movilizan rápidamente. Esto quiere decir que los cloruros y nitratos son adsorbidos con poca peculiaridad a lo largo del espacio coloidal, mientras tanto los fosfatos e iones de arseniatos son adsorbidos a causa de los componentes del suelo (Moreno-Jiménez, 2012).

Además del fosfato, el arsénico interactúa con otros aniones. El aumento de la fuerza iónica de una solución del suelo es por lo tanto un método utilizado para reducir la cantidad de arsénico retenido, y provocar la competencia entre aniones para las posiciones de cambio (Moreno-Jiménez et al., 2012).

7.1.7. La Adsorción de Arsénico

J. C.U (2007) argumenta que “La adsorción de arsénico requiere de adsorbentes eficientes y económicos, por lo cual los óxidos de hierro, tanto naturales como sintéticos, son los adsorbentes más utilizados para eliminar arsénico del medio acuoso, debido a su alta capacidad de adsorción”.

7.2. Isoterma

Barrena, J. C. (2018) argumenta que

Una isoterma de adsorción describe la estabilidad de la adsorción de algo físico en una superficie a temperatura estable lo que simboliza la cantidad de material unido a la superficie como una función del material presente en la fase de gas o en la disolución. También se usan como modelos experimentales, que no hacen afirmaciones sobre los mecanismos subyacentes y las variables medidas. Se logran a partir de datos de medida por medio de estudio de regresión.

7.3. Isoterma de Langmuir

Pérez N, (2011) establece que

La ecuación de adsorción de Langmuir relaciona la adsorción de moléculas en una superficie sólida con la presión de gas o concentración de un medio que se encuentre encima de la superficie sólida a una temperatura constante. Por lo tanto, la ecuación fue determinada por Irving Langmuir por concentraciones teóricas en 1916.

Prasanta K. (2014) dice que

De acuerdo a lo establecido por Irving Langmuir postuló que: “Los gases, al ser adsorbidos por la superficie del sólido, forman únicamente una capa de espesor mono-molecular”. Además, visualizó que el proceso de adsorción consta de dos acciones opuestas, una de condensación de las moléculas de la

fase de gas sobre la superficie, y una de evaporación de las situadas en la superficie hacia el gas. Cuando principia la adsorción, cada molécula que choca con la superficie puede compactarse en ella resultando ser adsorbidas solo aquellas moléculas que influyen en alguna parte de la superficie no cubierta, pero además una molécula es capaz de liberarse por la agitación térmica escapándose hacia el gas. Cuando las velocidades de condensación y de liberación se hacen idénticas entonces se llega al equilibrio.

7.4. Isoterma de Freundlich

“La superficie del adsorbente es energéticamente heterogénea, establecida por grupos de lugares de adsorción de energías características. También se puede establecer la no existencia de interacciones laterales entre las moléculas adsorbidas en la monocapa” (Lasso J., Navarro A., Sun-Kou M., Llanos B., 2008).

7.5. Análisis de laboratorio

Barrena, J. C. (2018) argumenta que “El estudio de suelos es muy importante para determinar problemas nutricionales y establecer soluciones de fertilización. Una de las ventajas del análisis de laboratorio es que este es un método rápido que le permite ser utilizado a todos”.

7.5.1. Análisis químico y físico de suelos.

Castro A. (2013) argumenta que permiten determinar los contenidos de macro y micronutrientes de interés agrícola como investigativo; así como, las características físicas que presenta el suelo. Adicionalmente se realizan análisis de fertilizantes y abonos orgánicos para determinar su composición química. Cantidad de muestra sugerida: 1 kilogramo Recipiente: Funda plástica nueva (por cada muestra)

7.6. Muestreos de suelo

Fabio, G. (2015) Afirma que

El muestreo debe ser lo más representativo posible del área a investigar por lo tanto el muestreo de suelos debe estar basado en recolectar el suficiente número de submuestras de áreas no muy grandes que garanticen la mejor representación posible y que permitan disminuir el error de muestreo por

efectos de la variabilidad en la fertilidad del suelo.

7.6.1. Tipos de muestreo.

- **Muestra Simple:** Es aquella en la que se toma una sola extracción de muestra de suelo. Son usadas en investigaciones y en suelos muy homogéneos. Se recomienda cuatro muestras por hectárea, de 1 kilogramo de suelo cada una.
- **Muestra Compuesta:** Se presenta como la extracción de varias muestras simples o submuestras, acumuladas en un solo contenedor y bien mezcladas, de donde se quita el 0,5 a 1 kg de suelo. Se utiliza para la planificación de la fertilización. Se recomienda 15-20 submuestras por parcela de muestreo.

Fabio, G. (2015) Argumenta que, “, Es muy importante que cada sub muestra tenga el mismo volumen que las demás y representar la misma profundidad”.

Fabio, G. (2015) Recalca que “dependiendo de la diversidad de ambientes naturales y los distintos objetivos del análisis se puede establecer el método. Sin olvidar que existen algunas normas básicas para obtener muestras representativas”.

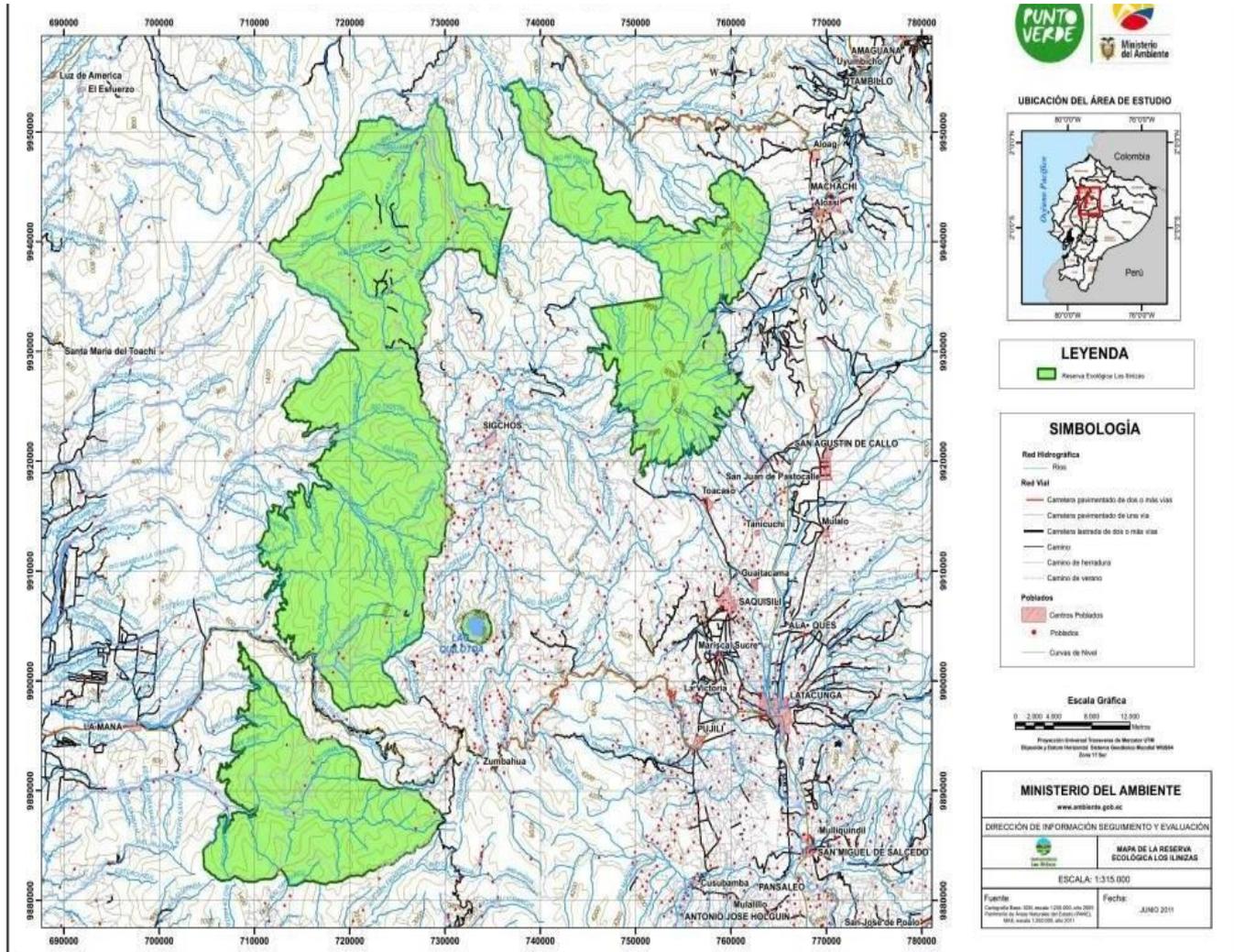
7.7. Reserva Ecológica los Ilinizas

(stockholmcity, 2012) Esta página afirma que

Es un volcán formado por atractivos como: un cerro en forma de corazón, una laguna de color verde turquesa. De las vertientes se derivan dos ríos importantes, el Toachi, que cae hacia el norte por un cañón de 40 metros de alto, y el Pilatón. Esto hace referencia a los bosques nublados de esta reserva para la generación de agua de los poblados cercanos. Esta se divide en cuatro secciones al oeste con Quilotoa, al noreste Ilinizas y el corazón, al suroccidente Latacunga – el maná y el último bloque es una especie de isla de 800 hectáreas el cual rodea la laguna del Quilotoa.

ECOLAP (2007) establece que la Reserva Ecológica Ilinizas fue creada el 2 de diciembre de 1996. Dentro de la misma existen bosques y páramos protegidos parcialmente por cooperativas comunales locales como la Cooperativa Cotopilaló y la Asociación Huahuauco-La Merced. La Reserva Forestal Río Lelia y el Bosque Integral Otonga se encuentran cerca de reserva que fue establecido por la Fundación Otonga y la familia Tapia.

Ilustración 2 Mapa de Ubicación R.E.I



Fuente: Fondo de paramos

7.7.1. Características.

ECOLAP, (2007) argumenta que en el área se incorpora la Reserva Forestal Río Lelia, dos bosques protegidos, Huagrahuasi y Quitasol (935 ha), y el Bosque Integral Otonga (1.000 ha), que están incluidos a la Provincia de Cotopaxi y localizados al norte de la Reserva. Otonga se encuentra en el cantón Sigchos, a lado del poblado de San Francisco de las Pampas. Los bosques y páramos de Huagrahuasi-Quitasol son propiedad de la Cooperativa Cotopilaló, mientras que Huahuauco pertenece a los hijos de los socios de esta cooperativa, agrupados en la Asociación Huahuauco- La Merced.

7.7.2. Geología.

Ministerio del Ambiente del Ecuador. (2006) establece que Geológicamente, la mayor parte de la Reserva presenta rocas volcánicas añejas pertenecientes a la Formación Macuchi de edad Cretácica superior; mientras que el volcán Quilotoa y las comunidades de Chucchilan, Moyabamba y Chacata están conformados por sedimentos volcánicos del Quilotoa. Las zonas Corazón, los Ilinizas y el Quilotoa, se encuentran sobre los 3400 msnm, que se formaron arriba de materiales volcánicos, cubiertos con proyecciones volcánicas, que han dado lugar a suelos negros, húmedos y orgánicos, cubiertos con una vegetación herbácea natural de pajonal.

7.7.3. Suelo.

MAE (2008) argumenta que la Reserva presenta dos tipos de suelos: Franco arenosos húmedos, el de mayor representación en la REI, localizado en las estribaciones de la Cordillera Occidental y diagnosticados por su capacidad de detención de humedad y coloración muy negra (zonas frías) a negros (zonas templadas); y suelos arenosos, que se encuentran en el valle interandino, y distinguido por derivarse de materiales piroclásticos con baja retención de humedad.

7.7.4. Volcanismo.

MAE (2008) en el PMA establece que el estrato volcánico Los Ilinizas se encuentra en estado latente y tiene dos cumbres que son los cerros del antiguo volcán: Cima Sur (5305 msnm) y cima Norte (5116 msnm). Las laderas de los Ilinizas están conformadas de flujos de lava. Significado, en idioma atacameño, como Cerro Varón, pues se cree que, en la antigüedad, los Ilinizas formaban una única elevación volcánica, que, por la consecuencia de varias erupciones, se partió en dos picos afilados. Volcán Quilotoa: volcán activo con un cráter y una caldera redonda. Su última erupción ocurrió aproximadamente hace 800 años y los flujos de lahares causadas por erupciones pasadas son visibles al norte del mismo.

7.7.5. Flora

MAE (2008) establece que en los páramos de Huagrahuasi se notificó algunas

especies de plantas como: *Buddleja incana*, *Myrsine andina*, *Oreopanax* sp., *Vallea stipularis*; árboles como *Gynoxys baccharoides*, *Hesperomeles heterophylla*, *Barnadesia arborea* y *Monnina obtusifolia* y arbustos como el *Escallonia myrtilloides*.

MAE (2008) argumenta que en las partes más bajas existe un bosque nublado caracterizado por el alto nivel de diversidad de epifitas. En el Bosque Integral Otonga existen especies como: *Cedrela odorata*, *Otoba novogranatensis*, *Carapa guianensis*, *Nectandra obtusata*, *Myrcia splendens*, *Schweilera caudiculata*, *Nectandra* spp., *Croton magdalenensis*, *Ficus* spp., *Cinchona* sp. y *Cecropia* spp.

7.1.1. Fauna.

MAE (2008) en el PMA establece que la fauna, en los últimos años de trabajo en las investigaciones en el Bosque Integral Otonga se registró la presencia de más de 50 especies de vertebrados, entre los que se incluye el oso de anteojos (*Tremarctos ornatus*), el puma (*Puma concolor*), el pecarí de collar (*Pecari tajacu*) y una nueva especie de roedor (*Heteromys teleus*). Ha más de que existe una importante diversidad de herpetofauna. Se estima que hay alrededor de 40 y en los últimos años se han encontrado algunas especies nuevas de insectos.

7. MARCO METODOLÓGICO

8.1. Tipos de Investigación

8.1.1. Investigación Descriptiva

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

8.1.2. Investigación bibliográfica

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

8.1.3. Investigación de campo

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

8.1.4. Investigación analítica

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

8.2. Métodos

8.2.1. Método analítico – sintético.

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

8.2.2. Método inductivo.

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

8.2.3. Método sistémico.

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

8.2.4. Método comparativo.

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

8.3. Técnicas

8.3.1. Observación directa.

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

8.3.2. Análisis de Datos.

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

8.4. Metodología para el Diseño no experimental

Se realiza este diseño fundamentalmente porque nos basábamos en la observación del suelo de la reserva ecológica Ilinizas para luego analizarlos y poder realizar la ecuación de Langmuir y Freundlich para la obtención de los resultados de adsorción de As para lo cual se basó en el documento de Griffa C., Bogleione R., Panigatti M., Keller S. y Allegrini J. 2017; sobre el Estudio de la adsorción de arsénico en suelos de la Provincia de Misiones.

8.4.1. Área de Estudio

La determinación de los puntos de muestreo, se realizó en la reserva de los Ilinizas en la parte norte de la reserva alrededor de las Aguas Termales, en el cantón Pastocalle, provincia de Cotopaxi, Ecuador. Para lo cual se tomaron 22 puntos de muestreo basados en la norma ecuatoriana TULSMA, el anexo 2 del libro VI, que se realizaron para dar paso al análisis correspondiente de los mismos el mismo que a continuación se describe.

8.4.1.1. Metodología para suelo

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 en el cual indica que se deben tomar como mínimo 5 muestras y máximo 20 muestras en este estudio se tomaron 22 muestras con la intención de poder validar los datos recolectados en este presente trabajo.

8.4.1.2. Toma de muestras en el suelo

La recolección de las muestras se efectuó alrededor de las aguas termales de la reserva ecológica los Ilinizas, con una anticipada inspección del sitio por su amplitud y mayor accesibilidad para los determinados puntos de muestreo.

Se siguió los procedimientos respectivos tales como:

1. Al ser una zona montañosa se tomó muestras en ladera, alta, media y baja.
2. Por cada punto al ser suelos contaminados se utilizó, barrena y pala para cavar el sitio, GPS para la ubicación, y una cinta métrica.
3. Se eligió los puntos por el área de estudio que se encontraba de manera regular y por tener la superficie de 149.600 ha, se procedió a tomar cada 100m², formando una cuadrícula según el TULSMA lo indica.
4. Se procedió a tomar la muestra compuesta a una profundidad de 30cm de 22 puntos representativos, colocando en cada funda de ziploc la cantidad de 3 lb.
5. Utilizamos la ficha de muestreo que contiene los datos generales del sitio: las coordenadas, altitud, temperatura, fecha, hora y su ubicación.

Manejo de las muestras

Se procedió a colocar la etiqueta para cada muestra con la información levantada con los datos antes mencionados. Y se trasladó la muestra de diferentes puntos al laboratorio de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

8.4.2. Análisis de Muestras

Segundo Objetivo

Para el análisis de las 22 muestras se procedió a tomar 3 muestras de la parta alta, media y baja para los análisis respectivos sobre una caracterización física como (pH, Al, Mn, Fe) llevadas a cabo en laboratorios certificados basadas según la técnica de Suelo de Distrito Metropolitano de Quito.

8.4.3. As en la Reserva ecológica los Ilinizas

Tercer objetivo

Para esto se basó en el método del test colorimétrico el cual nos indicaba que se debía realizar una solución de 250 ml de Agua Destilada con un gramo de suelo, para luego proceder a agitarla durante media hora a 250 rpm. Después de este procedimiento se daría paso a centrifugar durante 15 minutos a 2500rpm y poder utilizar la solución restante para la medición adecuada con el test colorimétrico y la respectiva medición con las bandas que muestran la concentración de As presente en ug/L ppb.

8.4.4. Capacidad de Adsorción

Cuarto objetivo

El método para la adsorción de As en el suelo de la reserva ecológica los Ilinizas se realizó con la ecuación de Langmuir y Freundlich.

Para esto se basó en el Estudio de la adsorción de arsénico en suelos de la provincia de Misiones, el proceso realizado para el estudio de la capacidad de adsorción del arsénico en las 22 muestras de suelo de la REI., 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.

8.4.4.1. Contaminación

Se utilizó una solución de 500 ug As₂O₃ en 1 L H₂O para la preparación de las soluciones, siendo esta concentración inicial para todas las muestras. Para los mismos se emplearon erlenmeyers y un agitador.

8.4.4.2. Medición Arsénico

En la medición de arsénico se empleó el test de arsénico colorimétrico con tiras de ensayo, reactivos 0,02 – 0,05 – 0,1 – 0,2 – 0,5 gm/As 0,1 – 0,5 – 1,0 – 3,0 mg/l As MQuant Merck se lo puede encontrar en los laboratorios de Medio Ambiente en la facultad de CAREN-SALACHE, en el que, junto con bandas de colores, se estableció los niveles de concentración en cada muestra, en los que se estableció a la medición de 1000000ug para luego agitarlo con 250 ml de Agua destilada y luego proceder a meter esta solución en la centrifuga durante 15 minutos a 2500 rpm. Para continuar con la separación y medición correspondiente en el Test de medición colorimétrico.

8.4.4.3. Metodología de Isoterma de Langmuir

Para evaluar la adsorción de arsénico a través de isotermas. Se trabajó con soluciones con concentraciones iniciales 500ug de As, mientras que la masa del adsorbente, se mantuvo constante en 1000000ug durante el experimento, con un volumen de 250 ml de solución de arsénico. Los recipientes se colocaron en el agitador orbital durante 24 horas a 250 rpm; transcurrido ese tiempo las soluciones fueron centrifugadas durante 15 minutos a 2500 rpm. Se separó la solución sobrenadante y se realizó la medición de arsénico total (C_e) en equilibrio. El arsénico adsorbido (q) se calculó por diferencia entre el arsénico agregado inicialmente y el remanente en la solución luego de 24 horas de agitación. Para ello se empleó la formula

$$q = \frac{(C_o - C_e)V}{m}$$

Donde:

q: cantidad de arsénico adsorbido (mg/g)

C_o: concentración de arsénico inicial en solución (mg/l)

C_e: concentración de arsénico en solución en el equilibrio (mg/l)

m: masa de adsorbente (g)

V: volumen de solución (l)

A continuación, se detalla los valores que se utilizó en la formula simplemente cambiando el valor de C_e que es diferentes para cada una de las muestras.

$$q = \frac{\left(\frac{500\mu g}{L} - \frac{4\mu g}{L}\right) * 0.25L}{1000000\mu g/L}$$

Luego de graficar cada una de los 22 puntos se procede a realizar la ecuación lineal de Langmuir: $\frac{C}{q} = \frac{1}{b}C + \frac{1}{kb}$ para lo cual esta fórmula nos servirá para sacar b que representa la cantidad máxima adsorbida de arsénico y k representa capacidad de adsorción de Arsénico donde:

$$\frac{1}{b} = \text{Pendiente}$$

Donde la pendiente la obtenemos al realizar la función de q y procedemos a despejar b

$$b = \frac{1}{\text{Pendiente}}$$

y

$$\frac{1}{kb} = \text{Ordenada}$$

Donde despejamos la pendiente ya que se la obtiene de la misma fórmula q en cada uno de los 22 puntos

$$k = \frac{1}{\text{Ordenada} * b}$$

8.4.4.4. Metodología de Isoterma de Freundlich

La ecuación de Freundlich, es una formula empírica que se fundamenta en la adsorción sobre superficies heterogéneas y describe una relación entre la cantidad adsorbida (mg/l) y la cantidad de solución (mg/l).

$$\text{Log } q_e = \text{Lag } K_F + 1/n \text{Log } C_e$$

Donde:

q_e : unidad de masa de adsorbato respecto de la masa del absorbente en equilibrio (mg/g)

K_F : constante de Freundlich (mg/g)

l/n : intensidad de adsorción

C_e : concentración de equilibrio (mg/l)

8. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Ilustración 3 Mapa geográfica de la reserva

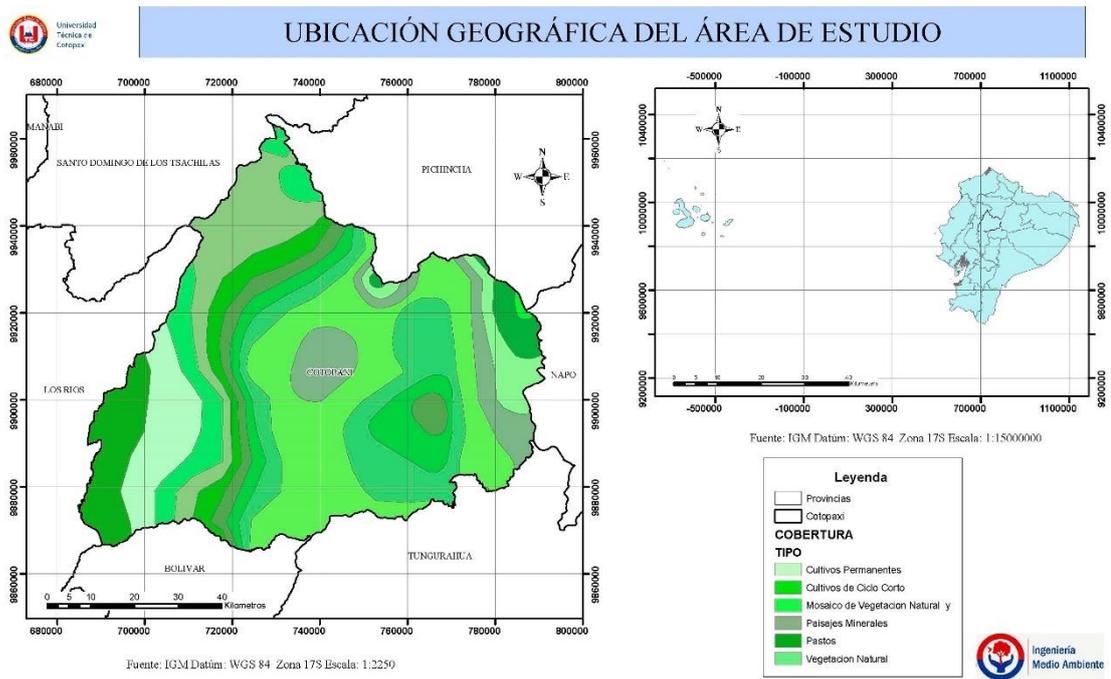
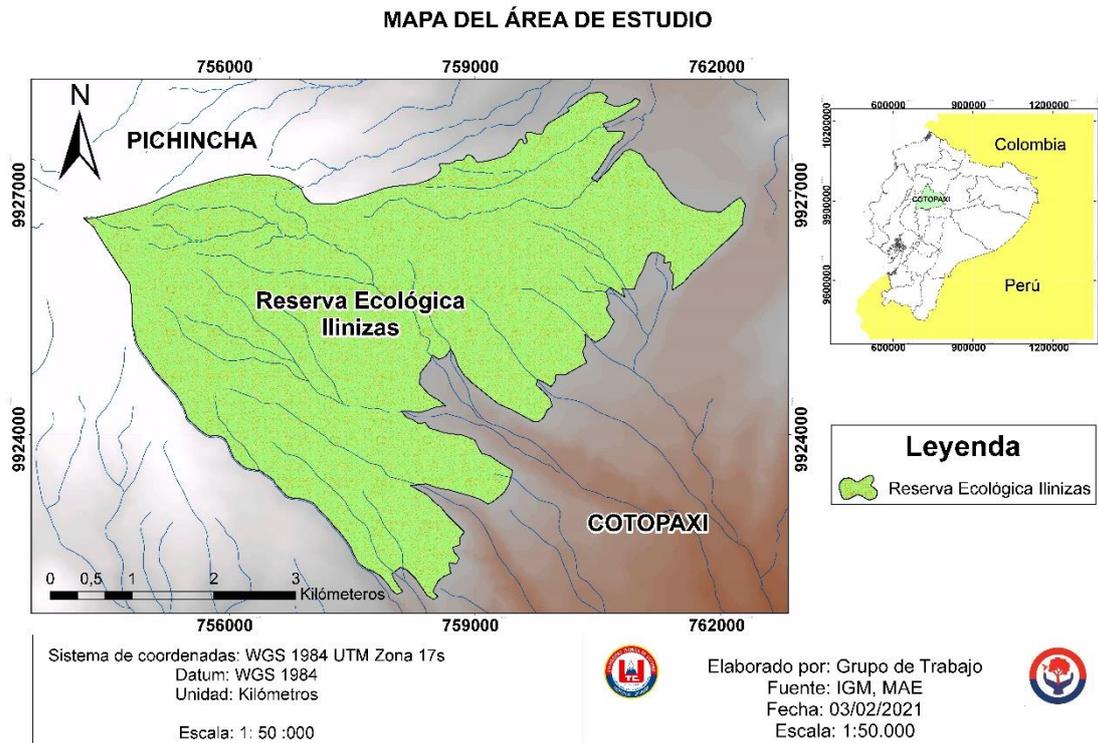


Ilustración 4 Mapa de área de estudio



En la ilustración 3 y 4 podemos determinar, observar el área de estudio además se puede proveer la ubicación a nivel cantonal como la ubicación de la reserva ecológica.

9.1. Caracterización del Adsorbente

Tabla 3 Análisis Granulométrico

	Suelo P; 17	
% Grava	% Arena	% Finos
1	65	35
% M.O promedio del área de estudio		
21,91		
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: Jimmy Chisaguano y Jhonatan German

En el análisis granulométrico se determinó que el suelo contiene 65% de arena, 1% de grava y 35% de finos, por lo tanto, es un suelo franco arenoso y posee gran capacidad de filtración y aireación. Según Girard H. Rougieux R. (2017)

Tabla 4 Análisis del Absorbente

Suelo (g Al/100g)	Al	
P17 parte baja	0,271 “Bajo”	
P12 Parte media	7,45432 “Mediano”	
P5 Parte media baja	7,17433 “Mediano”	
P20 Parte baja	2,59025 “Mod, Bajo”	
P 7 Parte Media baja	6,87425 “Mediano”	
	Suelo con un contenido de Aluminio entre mediano y bajo, pero más 7,17433 “Mediano”	

Elaborado por: Jimmy Chisaguano y Jhonatan German

En la tabla 4, según el análisis realizado se muestra que el aluminio se encuentra en una cantidad mediana y baja, el arsenico reaccionaria con una mejor afinidad por el aluminio.

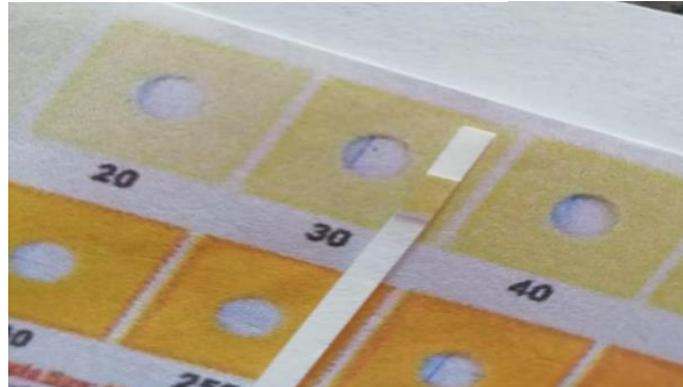
Tabla 5 Análisis del Suelo

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 8 Parte alta	1255 ppm Critico	10,2 optimo	5,97
P 6 Parte media baja	1253 ppm Critico	7,5 medio	5,61
P 22Parte Media baja	153 ppm Anormal	5,3 medio	5,93

Elaborado por: Jimmy Chisaguano y Jhonatan German

Según los resultados de la tabla 5 el hierro se encuentra en un valor critico lo cual hace que una gran cantidad de Fe en el suelo, tenga una mayor capacidad de retención de arsenitos y arseniatos según Moreno – Jimenez (2012). El resultado de manganeso según el análisis de suelo es óptimo. En los resultados de pH del suelo se encuentra en el rango de 5 a 8 por lo tanto Moreno (2012) argumenta que con rangos de pH (Básicos) altos existe mejor retención de arsénico, ya que estando en un ambiente con un pH menor a 2.5 este elemento pasa a estar completamente protonado, lo que promueve a que sea de difícil la retención por las partículas del suelo.

Ilustración 5 Análisis de As



La figura 5 muestra el test colorimétrico que se utilizó para el análisis de Arsénico en el cual se realizaron con 1000000ug del adsorbente dando como resultado un porcentaje de rango 30 a 85 ug según la tabla 5.

Tabla 6 Concentraciones de As

Muestras	As
M1	30
M2	40
M3	85
M4	30
M5	40
M6	50
M7	40
M8	85
M9	40
M10	50
M11	40
M12	50
M13	40
M14	30
M15	50
M16	30
M17	40
M18	85
M19	30
M20	50
M21	30
M22	50

En la tabla 6 se muestra los resultados de las muestras en estudio sobre el arsénico presente en el suelo con un rango entre 30 a 85ug/L.

9.2. Isotermas de Adsorción

Para el adsorbente en estudio se puede afirmar que existe una muy buena aproximación a la isoterma de Langmuir ($r^2 = 0,9112$) en los puntos 2,5,6,7,9,10,11,12,15,17,20 y 22 lo que se puede observar al graficar C_e/q en función de C_e , de los datos experimentales se obtuvieron los valores de K_L y q_m , considerando por un lado todas las concentraciones de trabajo y por otro sólo las mayores, ya que a bajos niveles de arsénico se logró la adsorción total. La mínima capacidad de adsorción obtenida es 0,7 mg As/g, teniendo en cuenta tanto altas como todo el rango de concentraciones de trabajo.

En la isoterma de adsorción del modelo de Freundlich. Se puede observar una recta donde el coeficiente de correlación (r) de este modelo es significativo, alcanzando un valor de + 0,78, teniendo en cuenta todas las concentraciones estudiadas por lo cual se dice que esta no se ajusta al modelo.

Se considera que los resultados muestran que el suelo de la reserva ecología los Ilinizas teniendo en cuenta el pH y su estructura su adsorción en su totalidad se da en las 24h.

Tabla 7 Isoterma de Adsorción datos

TIEMPO	Muestra									
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10
	As	As	As	As	As	As	As	As	As	As
0.30	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400
1	400	> 400	> 400	400	> 400	> 400	> 400	400	> 400	> 400
2	300	400	> 400	300	400	> 400	400	300	400	> 400
3	200	300	300	200	300	300	300	200	300	300
6	100	200	200	100	200	200	200	100	200	200
8	85	100	150	85	100	150	100	85	100	150
12	50	85	100	50	85	100	85	50	85	100
24	40	50	85	40	50	85	50	40	50	85
48	30	40	50	30	40	50	40	30	40	50
	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19	M20
	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL	SOL
0.30	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400	> 400
1	> 400	> 400	400	400	> 400	400	> 400	> 400	400	> 400
2	400	> 400	300	300	> 400	300	> 400	400	300	> 400
3	300	300	200	200	300	200	300	300	200	300
6	200	200	100	100	200	100	200	200	100	200
8	100	150	85	85	150	85	150	100	85	150

12	85	100	50	50	100	50	100	85	50	100
24	50	85	40	40	85	40	85	50	40	85
48	40	50	30	30	50	30	50	40	30	50
	M21	M22								
	SOL	SOL								
0.30	> 400	> 400								
1	400	> 400								
2	300	400								
3	200	300								
6	100	200								
8	85	100								
12	50	85								
24	40	50								
48	30	40								

Los resultados de la tabla 7 muestran el análisis que se realizó de la medición de arsénico dando como resultados en un tiempo de 0.30 a >400ug a y en 48 horas en un rango de 50 a 30 este valor de debe a que es la medición después de la contaminación de arsénico en la muestra de suelo de 1000000ug se dan esos valores ya que a menor tiempo la retención de As sea mayor por la contaminación de arsénico ya que la medición se realiza en la solución por tal razón mientras más horas de agitación baje la concentración de As porque se concentra en el adsorbato.

9.2.1. Isoterma de Langmuir

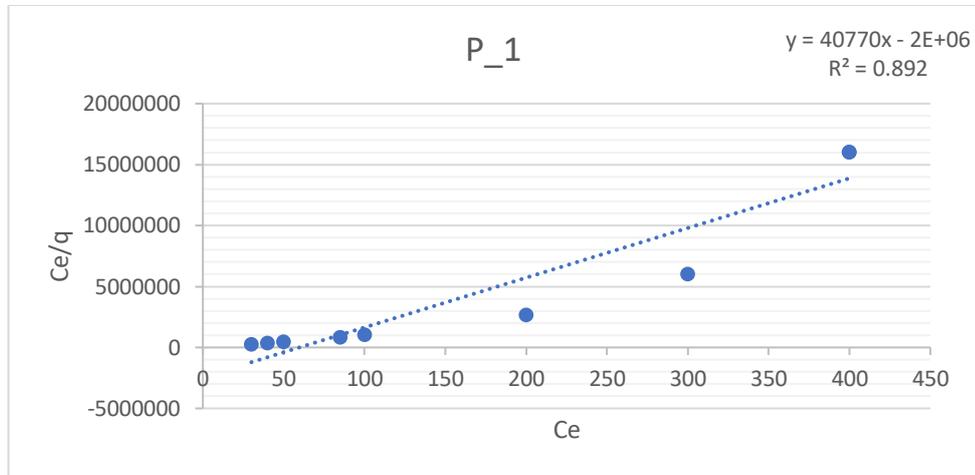
Tabla 8 Ecuación de Langmuir

Co=ug/L	Ce= ug/L	V= L	m= ug	q	Ce/q
500	700	0,25	1000000	-0,00005	-14000000
500	600	0,25	1000000	-0,000025	-24000000
500	400	0,25	1000000	0,000025	16000000
500	300	0,25	1000000	0,00005	6000000
500	200	0,25	1000000	0,000075	2666666,67
500	100	0,25	1000000	0,0001	1000000
500	85	0,25	1000000	0,00010375	819277,108
500	50	0,25	1000000	0,0001125	444444,444
500	40	0,25	1000000	0,000115	347826,087

En la tabla 8 se muestra la fórmula en desarrollo de la primera muestra para lo cual en esta de desarrolló con cada una de las muestras para poder graficar la isoterma de Langmuir cambiando Ce dependiendo de la tabla 7 en los que se encontraron los valores de cada Punto y poder representar en el eje X la función de Ce representa la concentración de equilibrio y en el eje Y

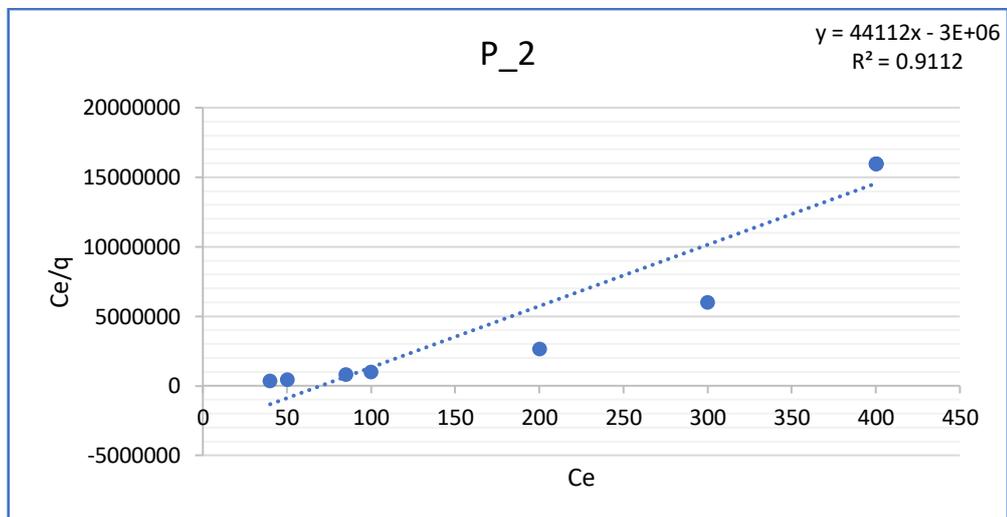
la función de C_e/q que es la concentración de As en equilibrio sobre la cantidad de arsénico adsorbido.

Ilustración 6 Isoterma de Langmuir en Punto 1



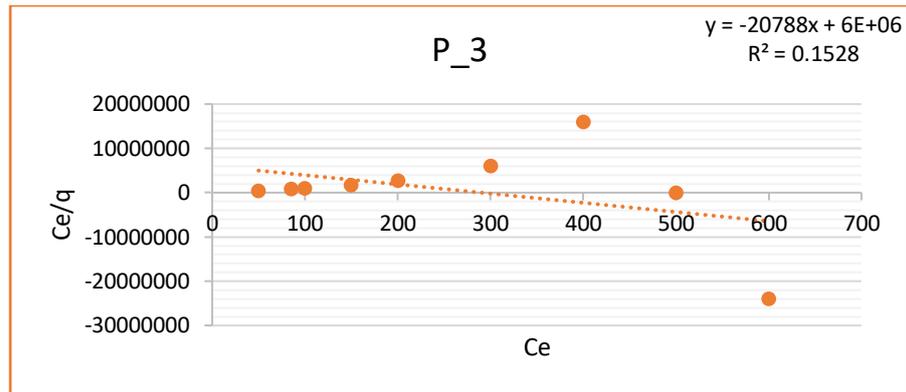
Lo que se puede observar en la figura 4 al graficar C_e/q en función de C_e en la muestra 1 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Langmuir y que r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable

Ilustración 7 Isoterma de Langmuir en Punto 1



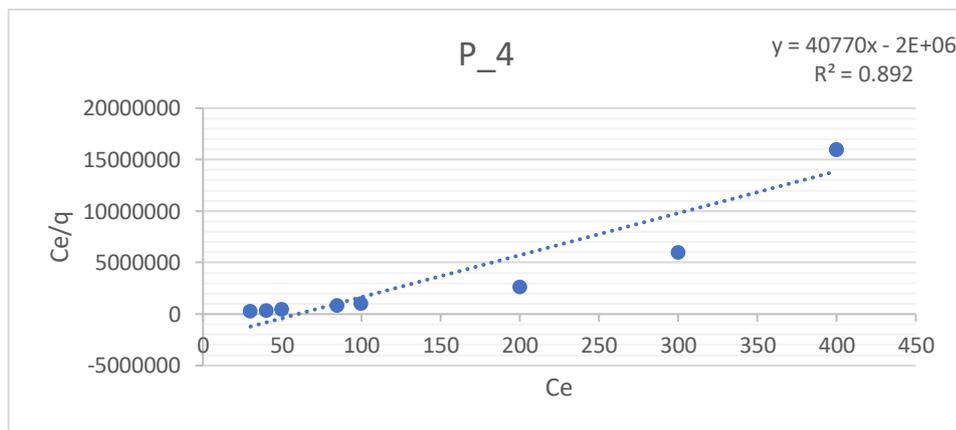
Según la Figura 5 se muestra la función de C_e/q y C_e en el punto 2 en el cual muestra que r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es aceptable para esta Isoterma de Langmuir

Ilustración 8 Isoterma de Langmuir en Punto 3



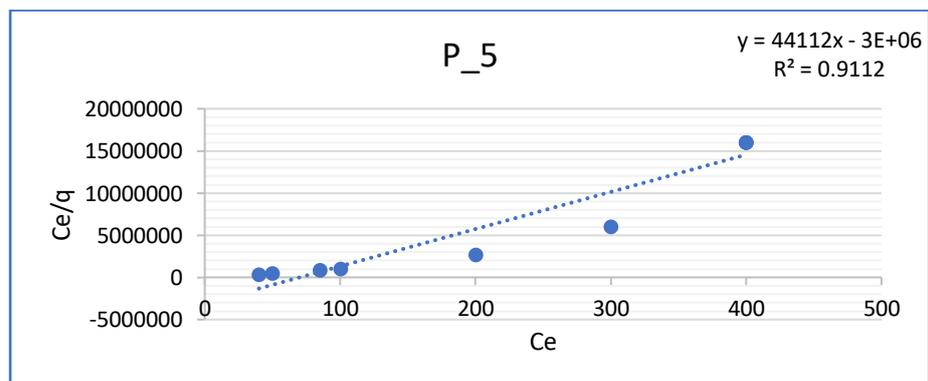
En la Figura 6 se muestra la isoterma de adsorción del punto 3 y muestra que r^2 es 0,15 por lo tanto no hay correlación

Ilustración 9 Isoterma de Langmuir en Punto 4



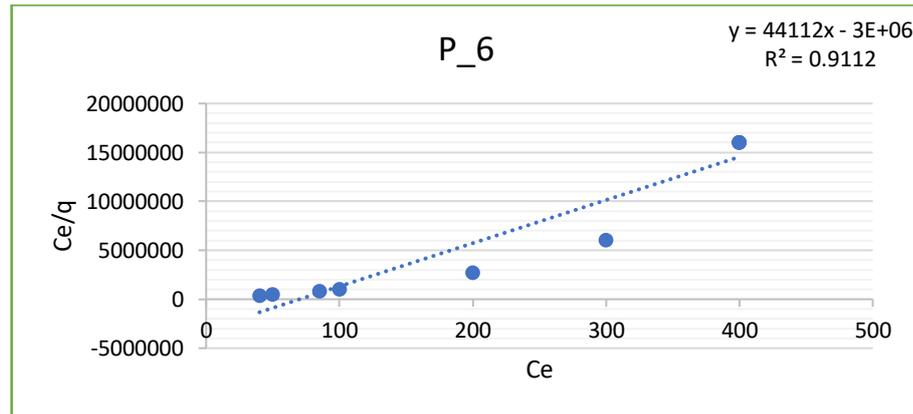
En esta figura 7 se puede observar la función de C_e/q y C_e en el cual muestra un resultado de r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable para la Isoterma de Langmuir.

Ilustración 10 Isoterma de Langmuir en Punto 5



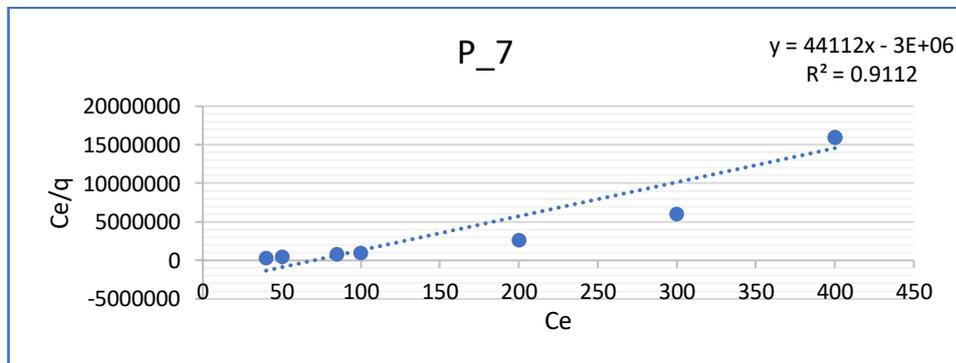
En la figura 8 se muestra la isoterma de Langmuir desarrollada en función de C_e/q y C_e dando como resultado en la muestra 5 r^2 es mayor a 0,9 y significa que es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 11 Isoterma de Langmuir en Punto 6



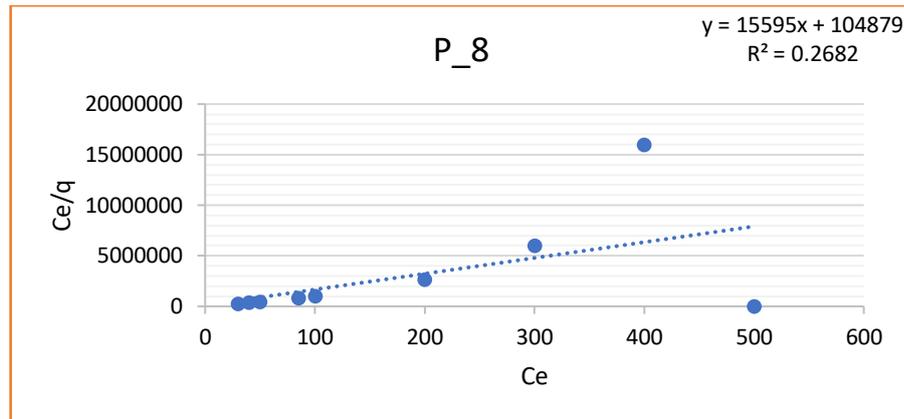
En la figura 9 se muestra la función de C_e/q y C_e dando como resultado r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 12 Isoterma de Langmuir en Punto 7



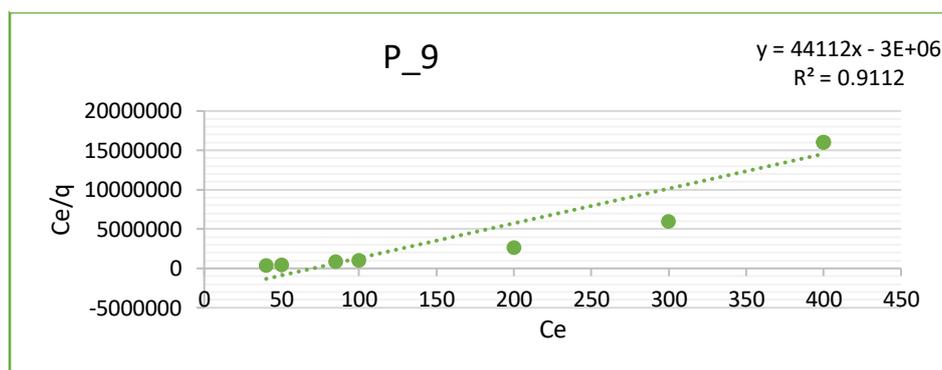
En esta figura 10 se puede observar la función de C_e/q y C_e en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es

Ilustración 13 Isoterma de Langmuir en Punto 8



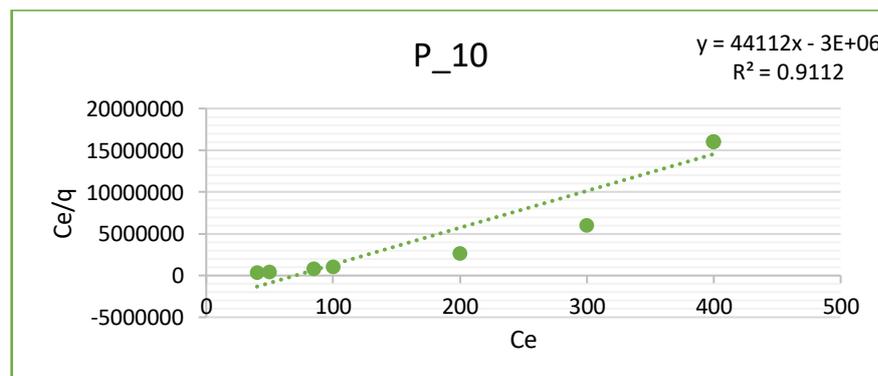
En esta figura 11 se puede observar la función de C_e/q y C_e en el cual muestra un resultado de r^2 es 0,2682 por lo tanto la correlación no es aceptable.

Ilustración 14 Isoterma de Langmuir en Punto 9



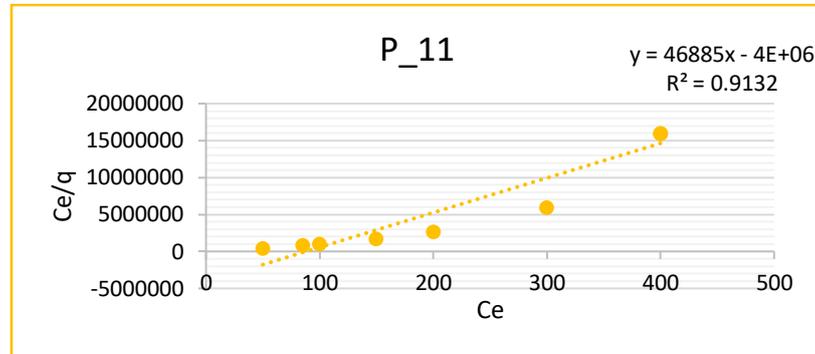
Lo que se puede observar en la figura 12 al graficar C_e/q en función de C_e en la muestra 9 se puede afirmar que es adecuado y la correlación es aceptable con un r^2 que representa mayor a 0,9

Ilustración 15 Isoterma de Langmuir en Punto 10



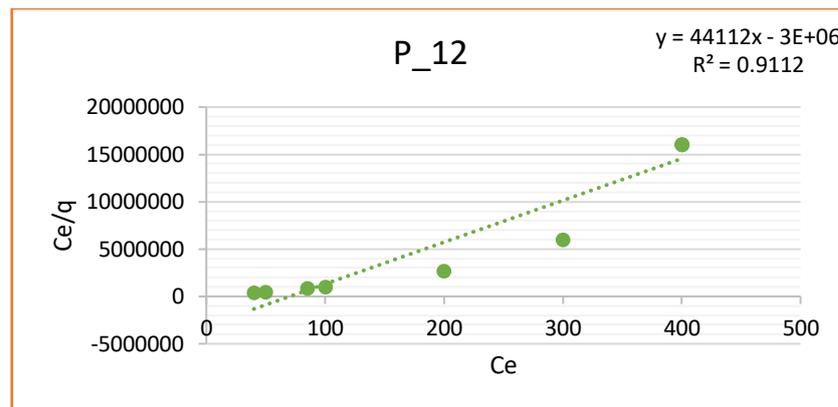
Lo que se puede observar en la figura |13 al graficar C_e/q en función de C_e en la muestra 10 muestra un resultado de r^2 es mayor a 0,9 significa que es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 16 Isoterma de Langmuir en Punto 11



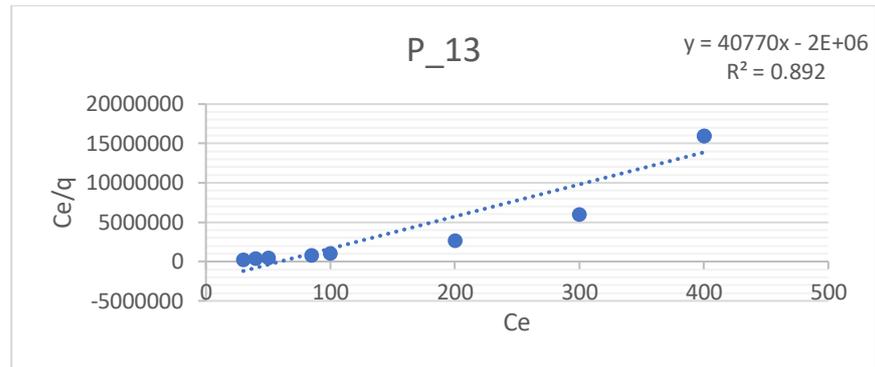
Según la Figura 14 se muestra la función de C_e/q y C_e en el punto de muestreo 11 en el cual muestra que como r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 17 Isoterma de Langmuir en Punto 12



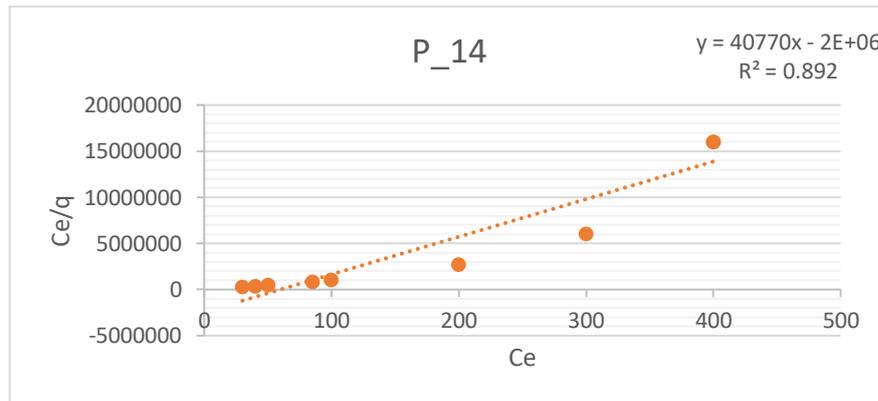
Según la Figura 15 se muestra la función de C_e/q y C_e en el punto 12 en el cual muestra que r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 18 Isoterma de Langmuir en Punto 13



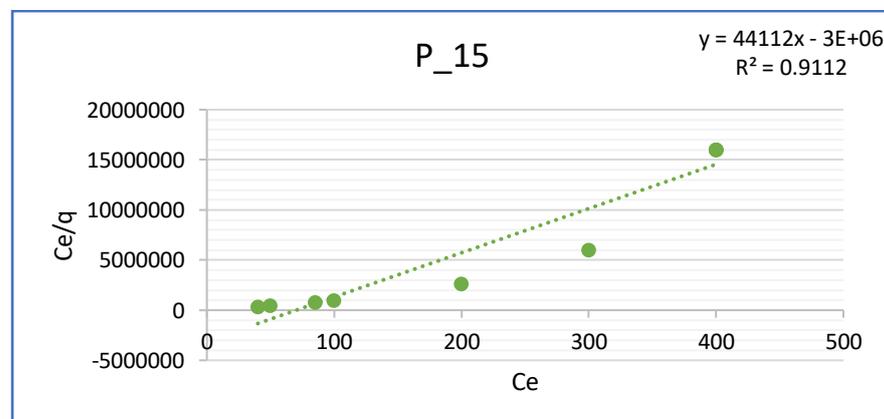
Lo que se puede observar en la figura 16 al graficar Ce/q en función de Ce en la muestra 13 se puede afirmar que r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable.

Ilustración 19 Isoterma de Langmuir en Punto 14



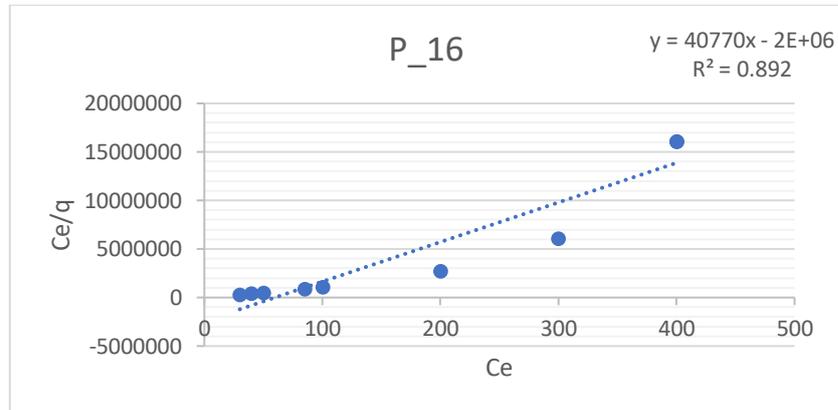
Lo que se puede observar en la figura 12 al graficar Ce/q en función de Ce en la muestra 14 se puede afirmar que r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable.

Ilustración 20 Isoterma de Langmuir en Punto 15



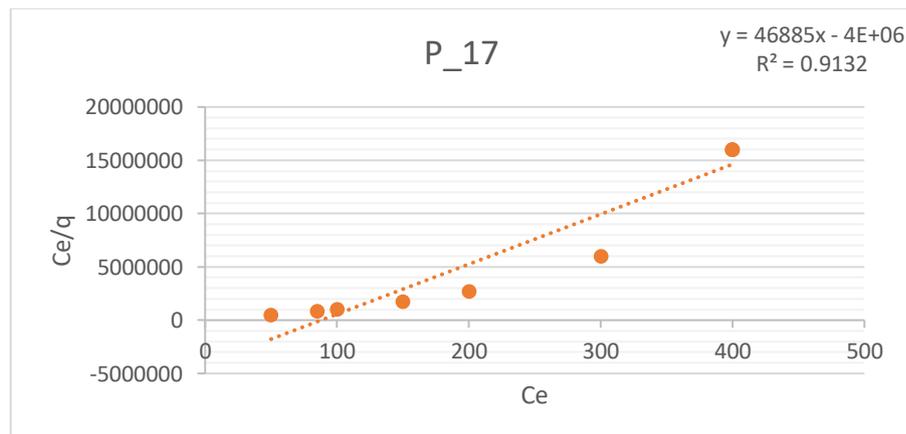
Lo que se puede observar en la figura 18 al graficar C_e/q en función de C_e en la muestra 15 se puede afirmar que Como r^2 es mayor a 0,9 es adecuado a la Isoterma d Langmuir y la correlación es aceptable.

Ilustración 21 Isoterma de Langmuir en Punto 16



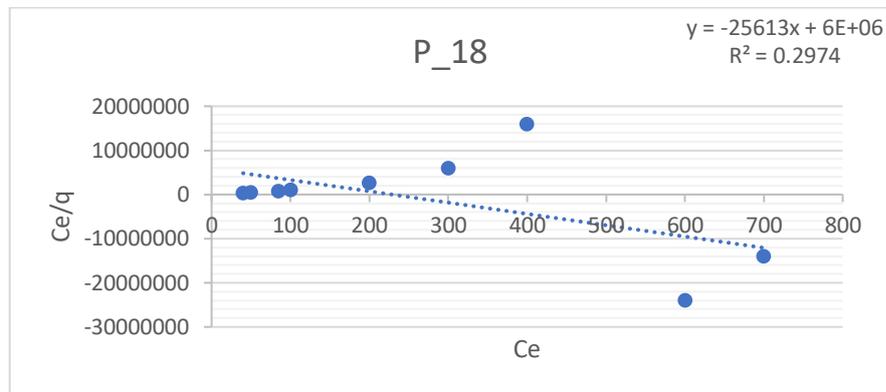
Lo que se puede observar en la figura 19 al graficar C_e/q en función de C_e en la muestra 16 se puede afirmar que r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable.

Ilustración 22 Isoterma de Langmuir en Punto 17



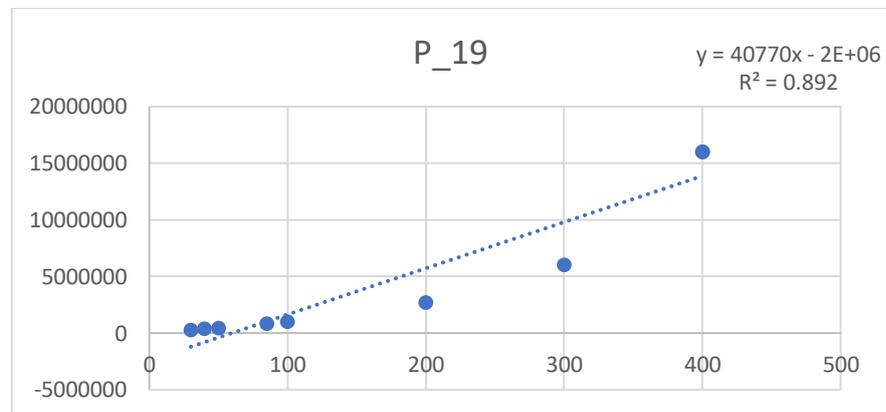
Lo que se puede observar en la figura 20 al graficar C_e/q en función de C_e en la muestra 17 se puede afirmar que como r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 23 Isoterma de Langmuir en Punto 18



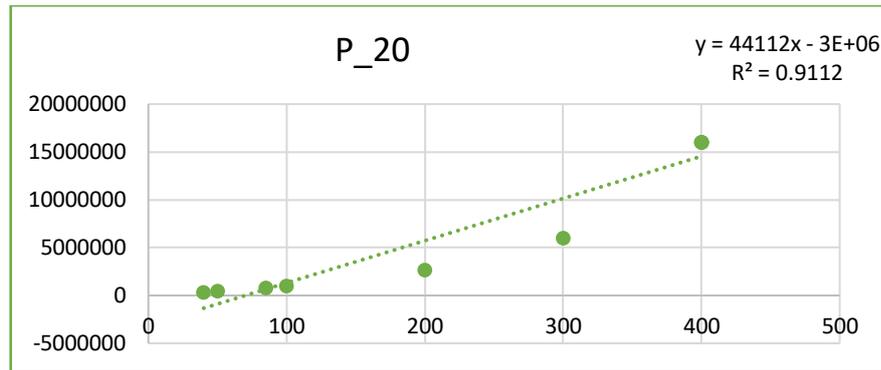
Lo que se puede observar en la figura 21 al graficar Ce/q en función de Ce en la muestra 18 se puede afirmar que como r^2 es 0,2974 la correlación no

Ilustración 24 Isoterma de Langmuir en Punto 19



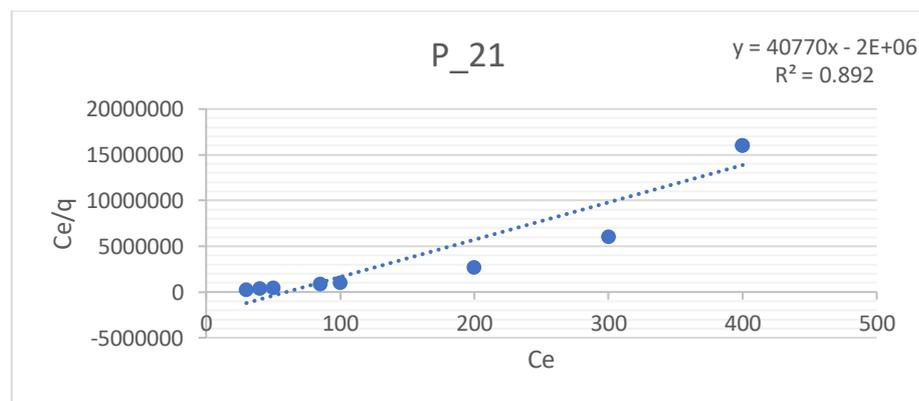
Lo que se puede observar en la figura 22 al graficar Ce/q en función de Ce en la muestra 19 según los resultados en laboratorio y luego aplicar la fórmula de isoterma se puede afirmar que r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable y la

Ilustración 25 Isoterma de Langmuir en Punto 20



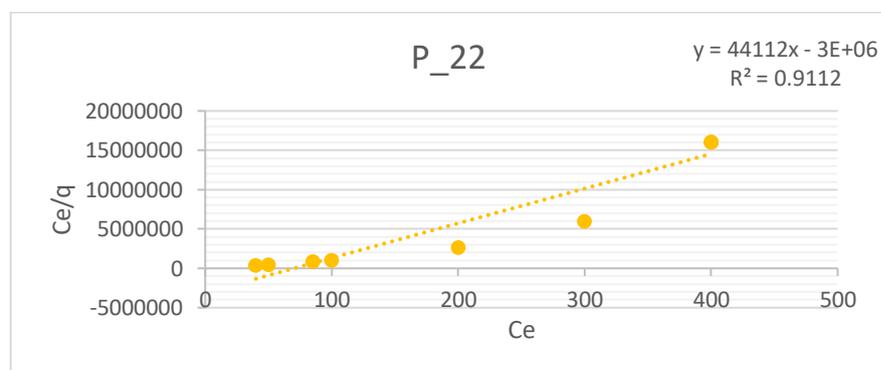
Lo que se puede observar en la figura 23 al graficar Ce/q en función de Ce en la muestra 20 según los resultados en laboratorio y luego aplicar la fórmula de isoterma se puede afirmar que como r^2 es mayor a 0,9 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 26 Isoterma de Langmuir en Punto 21



Lo que se puede observar en la figura 24 al graficar Ce/q en función de Ce en la muestra 21 según los resultados en laboratorio y luego aplicar la fórmula de isoterma se puede afirmar que r^2 es 0.89 y la correlación es aceptable.

Ilustración 27 Isoterma de Langmuir en Punto 22



En la figura 25 se muestra el resultado de la isoterma de Langmuir en la muestra 22 dando un resultado de r^2 es mayor a 0,9 por lo tanto es adecuado y la correlación es aceptable.

Tabla 9 Datos Obtenidos de Ecuación Lineal con respecto a R^2

Punto de Muestra	Capacidad de Adsorción de As	Cantidad Máxima Adsorbida de As	R^2
P1	-2,04	2,45	0,892
P2	-1,46	2,27	0,9112
P3	-3,46	-4,82	0,1528
P4	-2,04	2,45	0,892
P5	-1,46	2,27	0,9112
P6	-1,46	2,27	0,9112
P7	-1,46	2,27	0,9112
P8	3,55	6,41	0,2682
P9	-1,46	2,27	0,9112
P10	-1,46	2,27	0,9112
P11	-1,46	2,13	0,9132
P12	-1,46	2,27	0,9112
P13	-2,04	2,45	0,892
P14	-2,04	2,45	0,892
P15	-1,46	2,27	0,9112
P16	-2,04	2,45	0,892
P17	-1,46	2,13	0,9132
P18	-4,27	-3,9	0,2964
P19	-2,04	2,45	0,892
P20	-1,46	2,27	0,9112
P21	-2,04	2,45	0,892
P22	-1,46	2,27	0,9112

Elaboración Propia

En la isoterma de Langmuir se grafico C_e/q en función de C_e para todo rango de muestra de los cuales se obtuvieron $r^2 = 0.9112$ en el punto 2, 5, 6,7,9,10,11,12,11,15,17,20,22 de lo que se asemejan a la isoterma de Langmuir ya que su correlación es aceptable, mientras tanto que el valor de $r^2 = 0.892$ en el punto 1,4,13,14,16,19,21 siendo esta una correlación aceptable y relación lineal casi perfecta en este modelo según (Laso J., Navarro A., Sun-Kou M., Llanos B, 2008). A demás que en la tabla 9 se muestra la cantidad máxima adsorbida de arsénico de 6,41 en el punto 8, 2,45 en el punto(1,4,13,14,16 y 19) y 2,27 en los puntos (2,5,6,7,9,10,12,15,20,22) y de 6,41 en el punto 8 con una tendencia de 0,2682 relacionando esto con una adsorción total en su experimento y con capacidad de adsorción de 3,55 lo que significa que puede deberse a la caracterización de hierro que contiene según la tabla 5 ya que al contener un nivel alto de Fe en el suelo puede ayudar a la retención de As según Moreno – Jimenez (2012) y por ser parte de ser un suelo franco arenoso posee gran capacidad de filtración

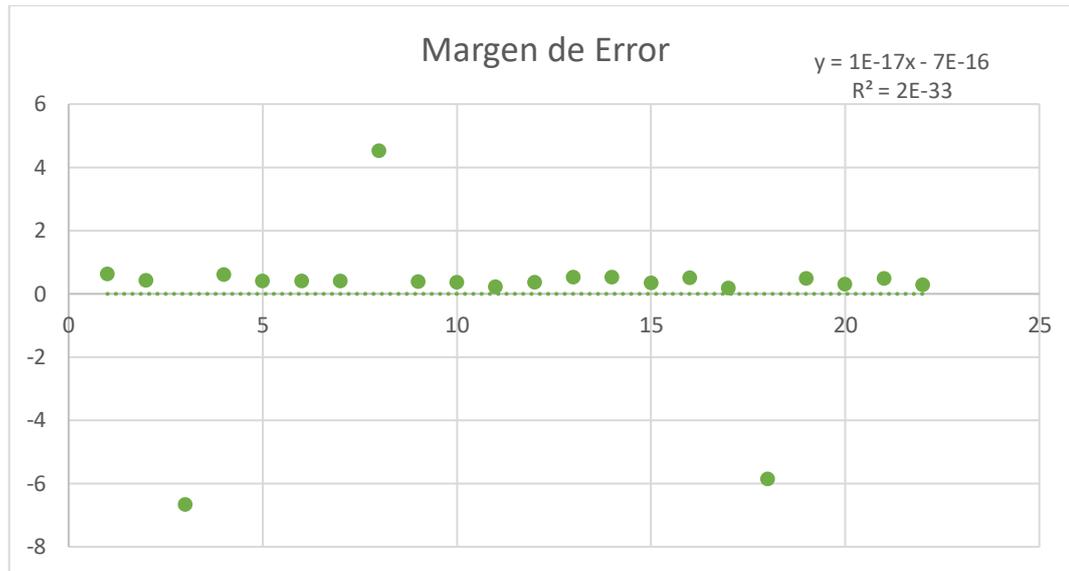
y aireación. Según Girard H. Rougieux R. (2017). Por lo tanto, se puede afirmar que hay una buena capacidad de adsorción en el suelo de la reserva ecológica los Ilinizas.

Tabla 10 Margen de Error

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	1,825059289	0,624940711
2	1,832196499	0,437803501
3	1,839333371	-6,659333371
4	1,84647092	0,60352908
5	1,853608131	0,416391869
6	1,860745342	0,409254658
7	1,867882552	0,402117448
8	1,875019763	4,534980237
9	1,882156973	0,387843027
10	1,889294184	0,380705816
11	1,896431395	0,233568605
12	1,903568605	0,366431395
13	1,910705816	0,539294184
14	1,917843027	0,532156973
15	1,924980237	0,345019763
16	1,932117448	0,517882552
17	1,939254658	0,190745342
18	1,946391869	-5,846391869
19	1,95352908	0,49647092
20	1,96066629	0,309333371
21	1,967803501	0,482196499
22	1,974940711	0,295059289

En la tabla 10 se muestra el margen de error para las 22 muestras realizadas con el programa de Excel el cual nos ayudó respectivamente a la realización de su grafica que se presenta en la ilustración 28.

Ilustración 28 Margen de error de Isoterma de Langmuir



Para el margen de error en la ilustración 28 se muestra un error en el punto 3, 8 y 18 que según la tabla 10 en el punto 3 existe un margen de error de -6,65933371 en el punto 8 un margen de error de 0,49647092 y en el punto 18 con -5,846391869 para lo cual se asemeja a la correlación que hace referencia la isoterma de Langmuir en estos 3 puntos con una adsorción muy alta.

9.2.2. Isoterma de Freundlich

Tabla 11 Ecuación de Freundlich

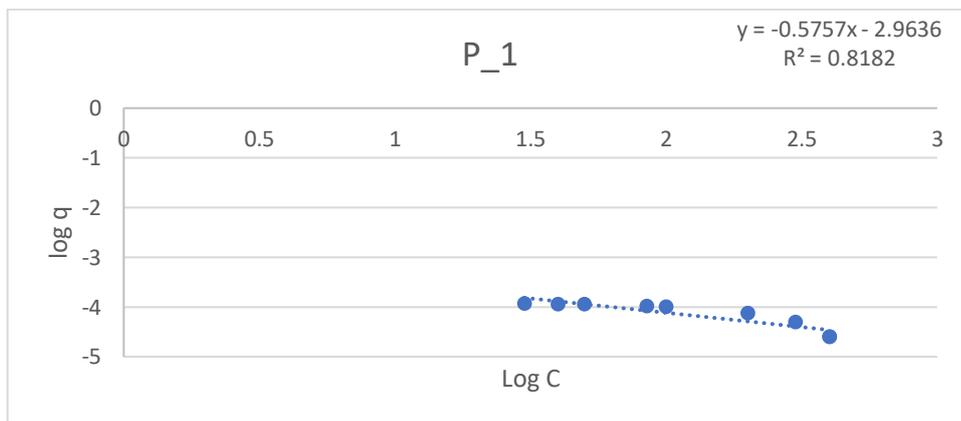
Co	isoterma de Freundlich					eje x	eje y
	Ce	V	m	q		log C	log q
500	400	0.25	1000000	0.000025		2.60205999	- 4.60205999
500	400	0.25	1000000	0.000025		2.60205999	- 4.60205999
500	300	0.25	1000000	0.00005		2.47712125	-4.30103
500	200	0.25	1000000	0.000075		2.30103	- 4.12493874
500	100	0.25	1000000	0.0001		2	-4
500	85	0.25	1000000	0.00010375		1.92941893	- 3.98401189
500	50	0.25	1000000	0.0001125		1.69897	- 3.94884748
500	40	0.25	1000000	0.000115		1.60205999	- 3.93930216

500	30	0.25	1000000	0.0001175	1.47712125	-
						3.92996213

Elaboración propia

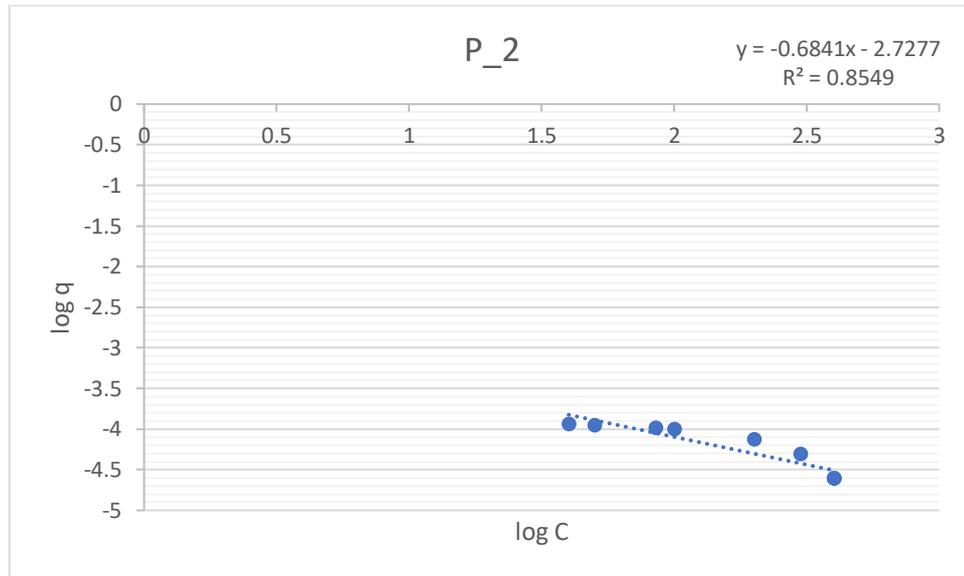
En la tabla 8 se muestra la fórmula en desarrollo de la primera muestra para lo cual en esta de desarrolló con cada una de las muestras para poder graficar la isoterma de Freundlich cambiando C_e dependiendo de la tabla 7 en los que se encontraron los valores de cada Punto y poder representar en el eje X la función de $\log C$ representa la concentración de equilibrio y en el eje Y la función de $\log q$, que es la concentración de As en equilibrio sobre la cantidad de arsénico adsorbido.

Ilustración 29 Isoterma de Freundlich en el Punto 1



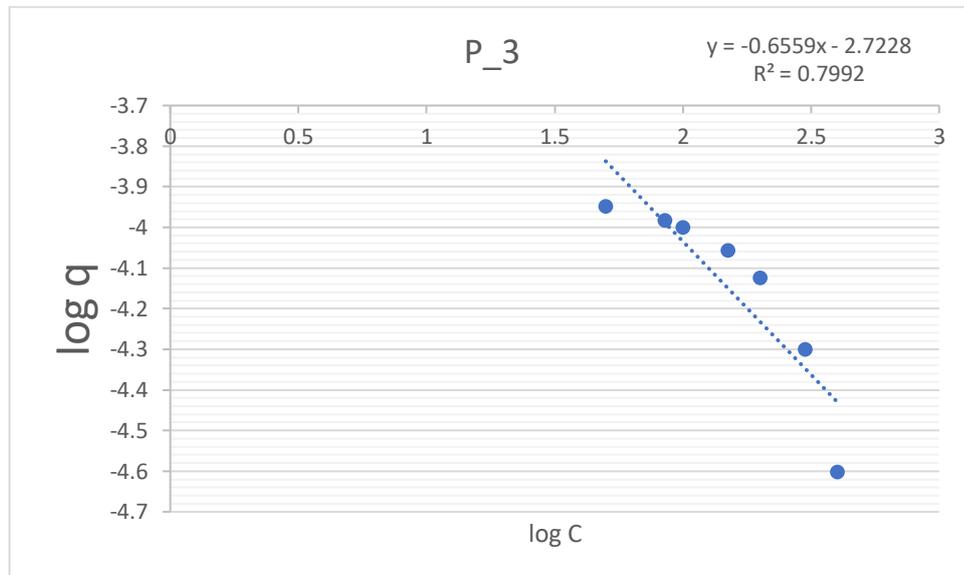
Lo que se puede observar en la figura 26 al graficar $\log C$, $\log q$ en función de C_e en la muestra 1 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 30 Isoterma de Freundlich en el Punto 2



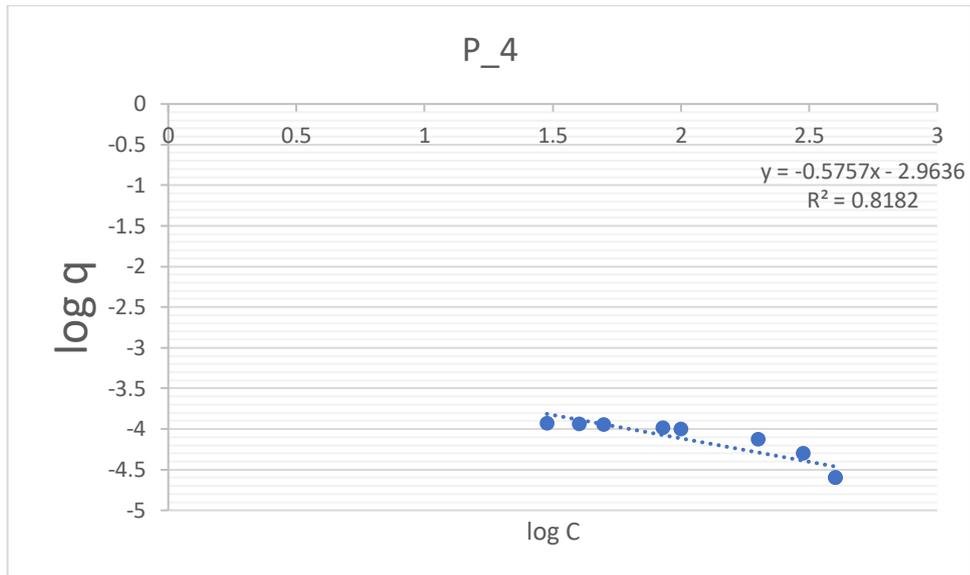
Según la Figura 27 se muestra la función de $\log C$ y $\log q$ y en el punto 2 en el cual muestra que r^2 es mayor a 0,8 es adecuado y la correlación es aceptable para esta Isoterma

Ilustración 31 Isoterma de Freundlich en el Punto 3



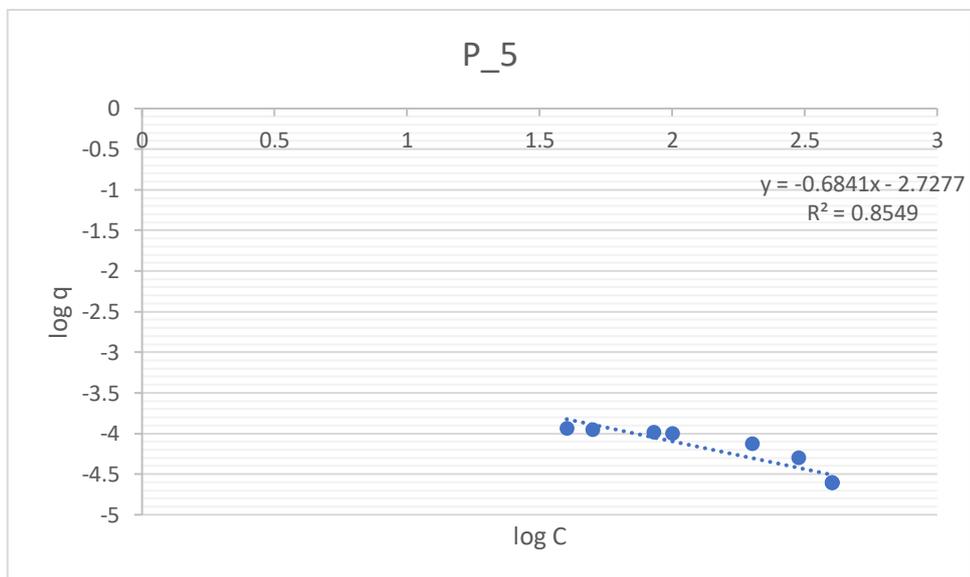
En la Figura 28 se muestra la isoterma de adsorción del punto 3 y muestra que r^2 es 0,79 por lo tanto hay correlación

Ilustración 32 Isoterma de Freundlich en el Punto 4



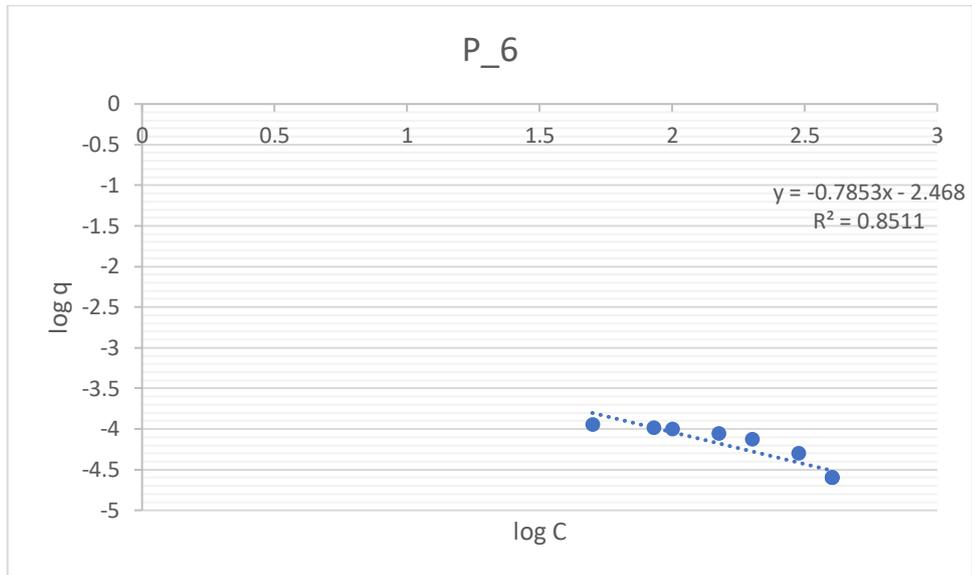
Lo que se puede observar en la figura 29 al graficar $\log C$, $\log q$ en función de C_e en la muestra 4 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 33 Isoterma de Freundlich en el Punto 5



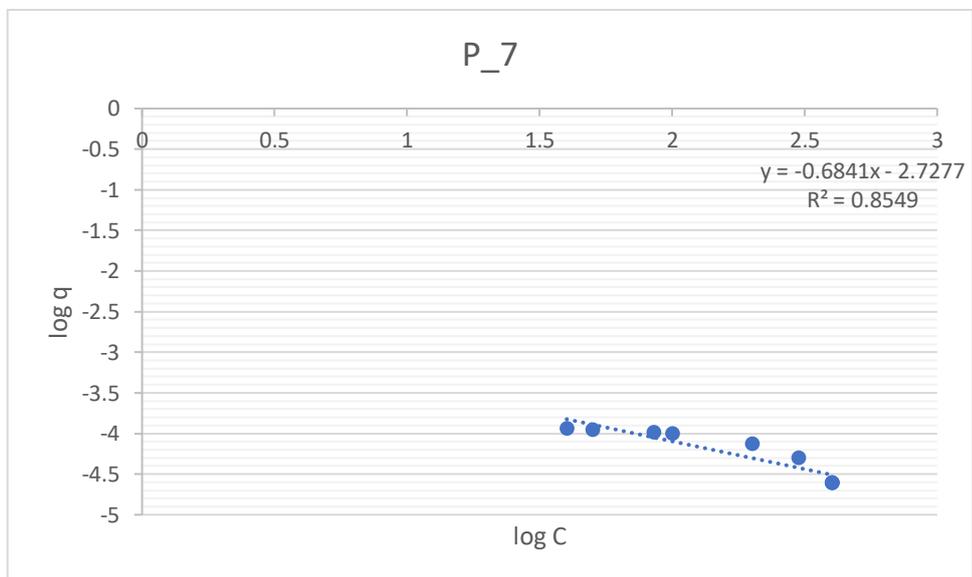
En esta figura 10 se puede observar la función de $\log C$, $\log q$ en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor a 0,8 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 34 Isoterma de Freundlich en el Punto 6



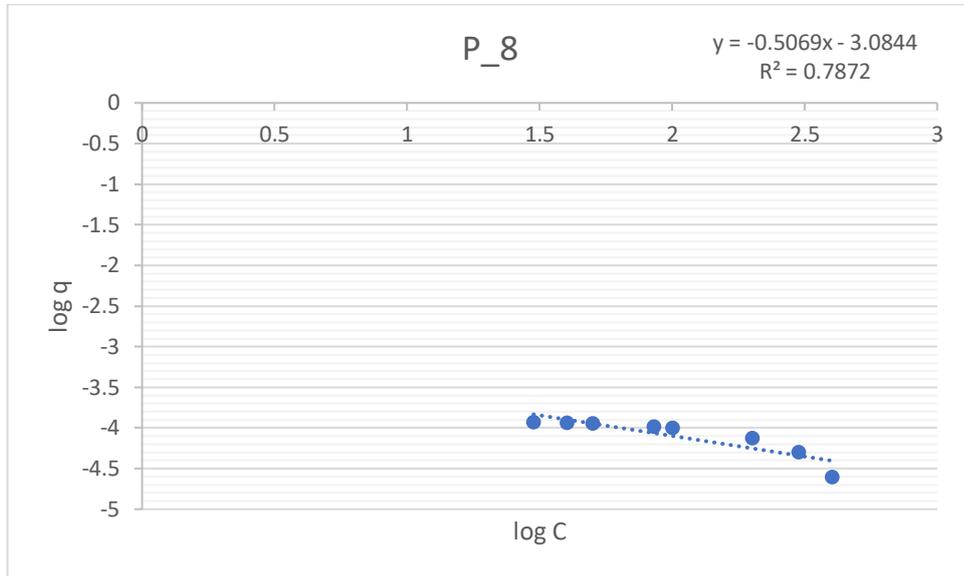
En esta figura 31 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 35 Isoterma de Freundlich en el Punto 7



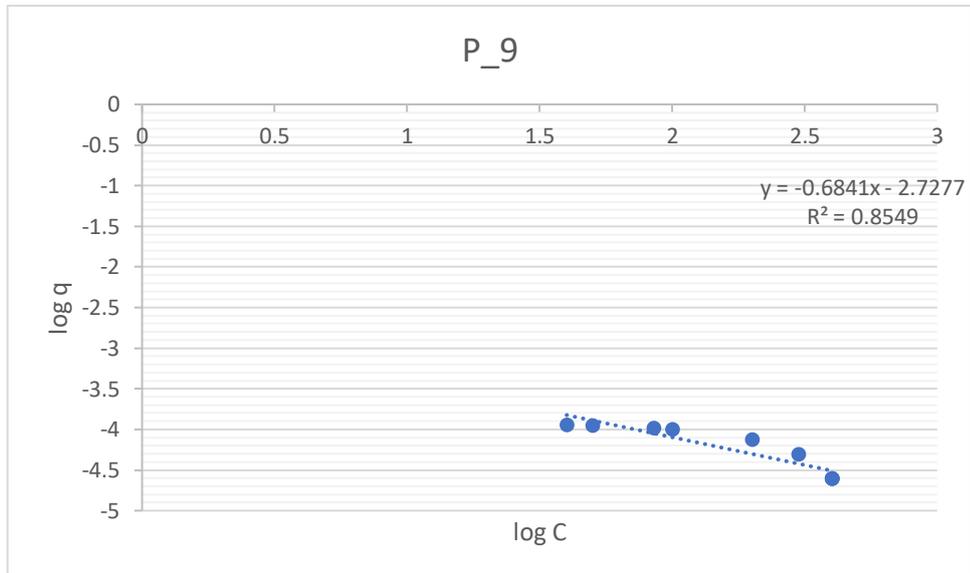
En esta figura 32 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor a 0,8 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 36 Isoterma de Freundlich en el Punto 8



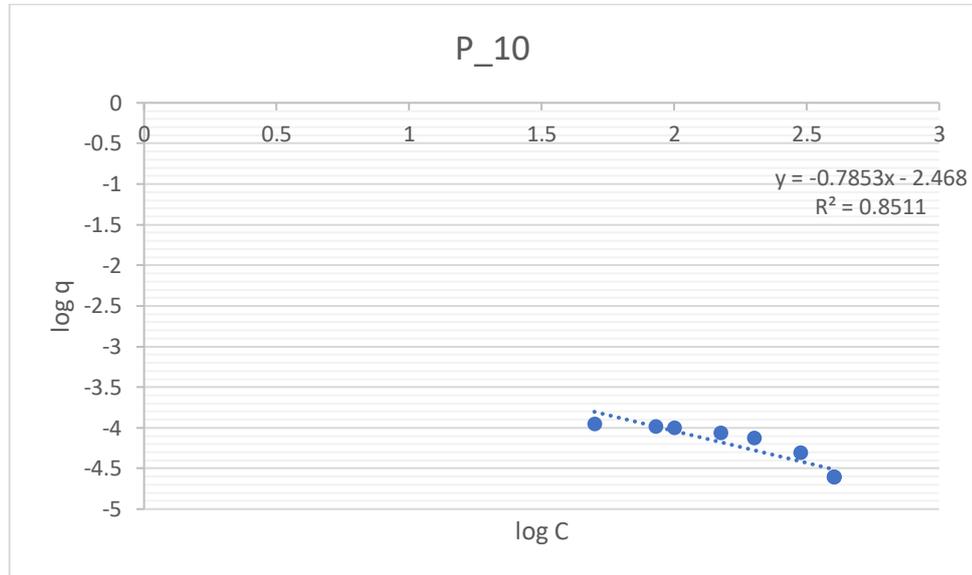
En esta figura 33 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es menor a 0,8 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 37 Isoterma de Freundlich en el Punto 9



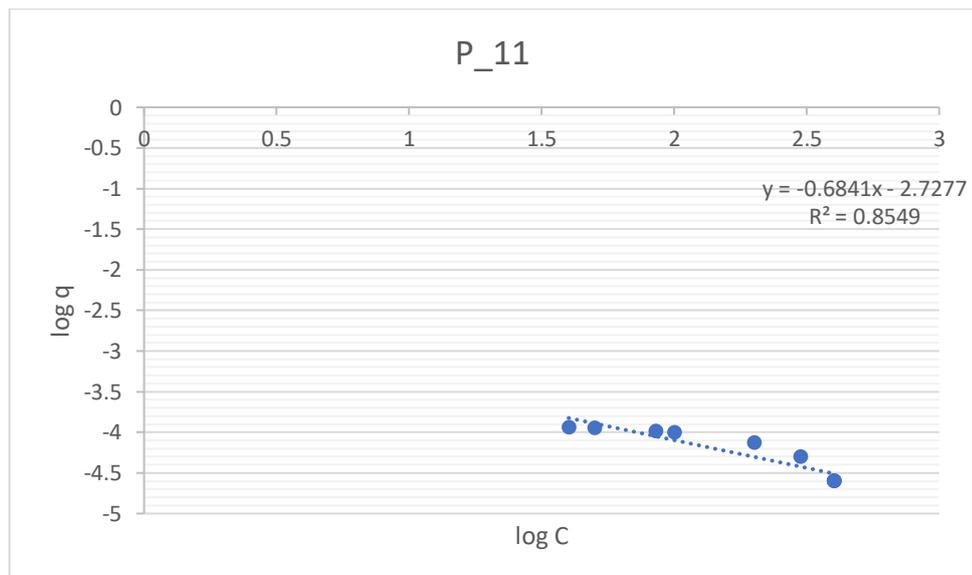
En esta figura 34 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 38 Isoterma de Freundlich en el Punto 19



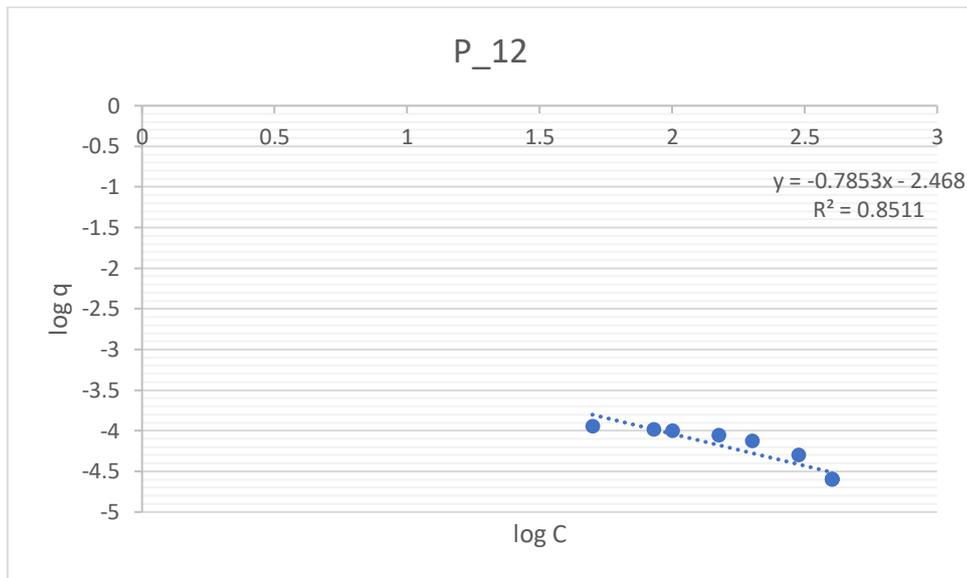
En esta figura 35 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor a 0,8 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 39 Isoterma de Freundlich en el Punto 11



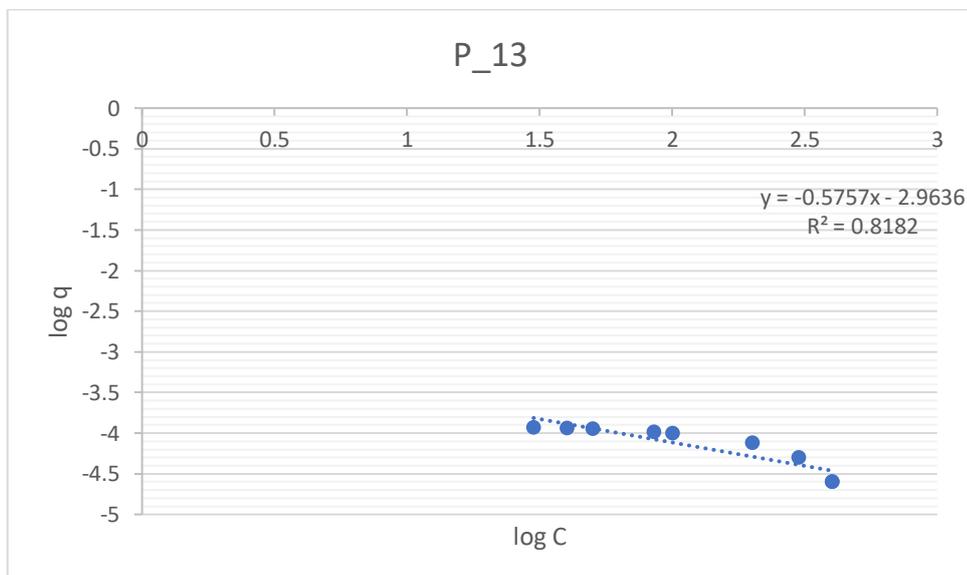
En esta figura 36 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 40 Isoterma de Freundlich en el Punto 12



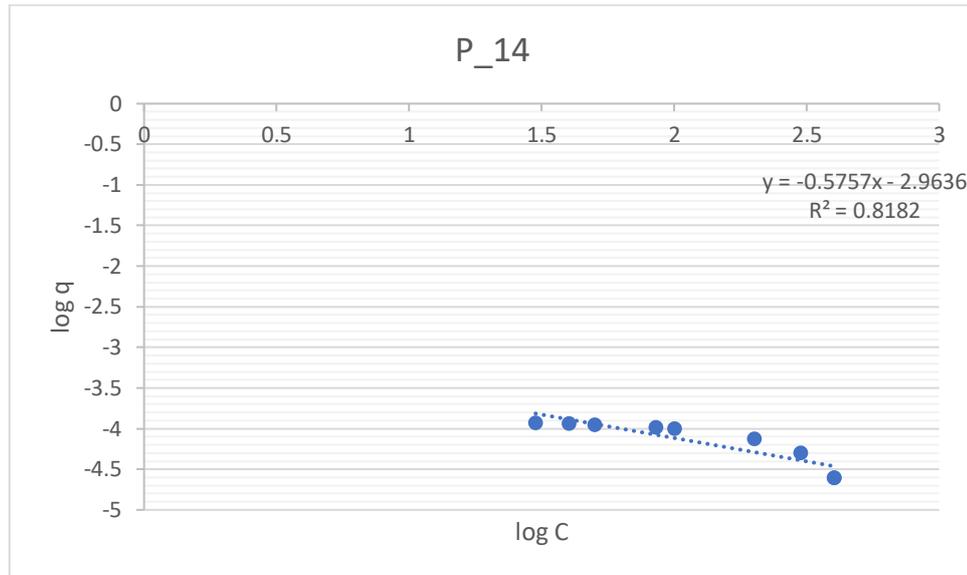
En esta figura 37 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 41 Isoterma de Freundlich en el Punto 13



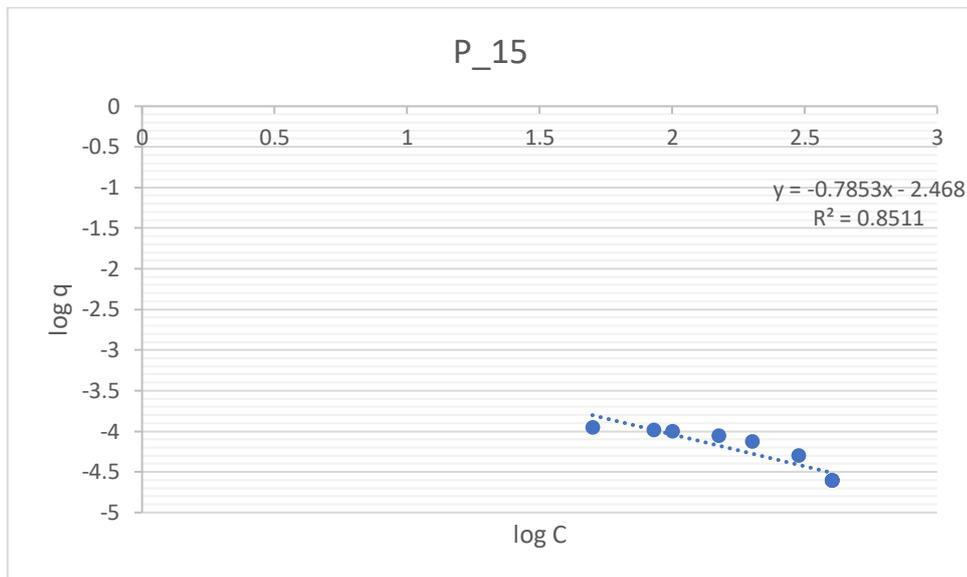
Lo que se puede observar en la figura 38 al graficar $\log C$, $\log q$ en función de C_e en la muestra 13 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 42 Isoterma de Freundlich en el Punto 14



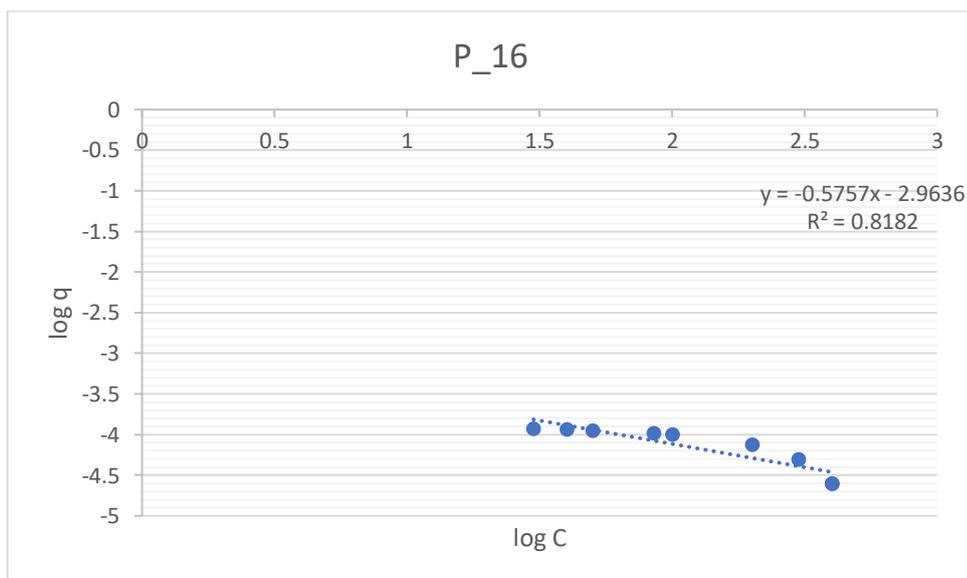
Lo que se puede observar en la figura 39 al graficar $\log C$, $\log q$ en función de C_e en la muestra 14 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 43 Isoterma de Freundlich en el Punto 15



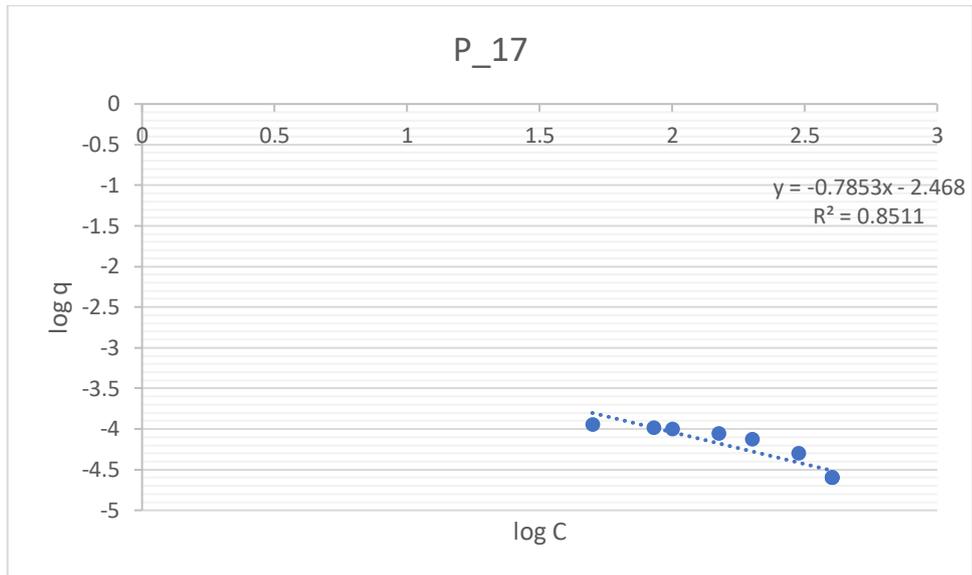
En esta figura 40 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 44 Isoterma de Freundlich en el Punto 16



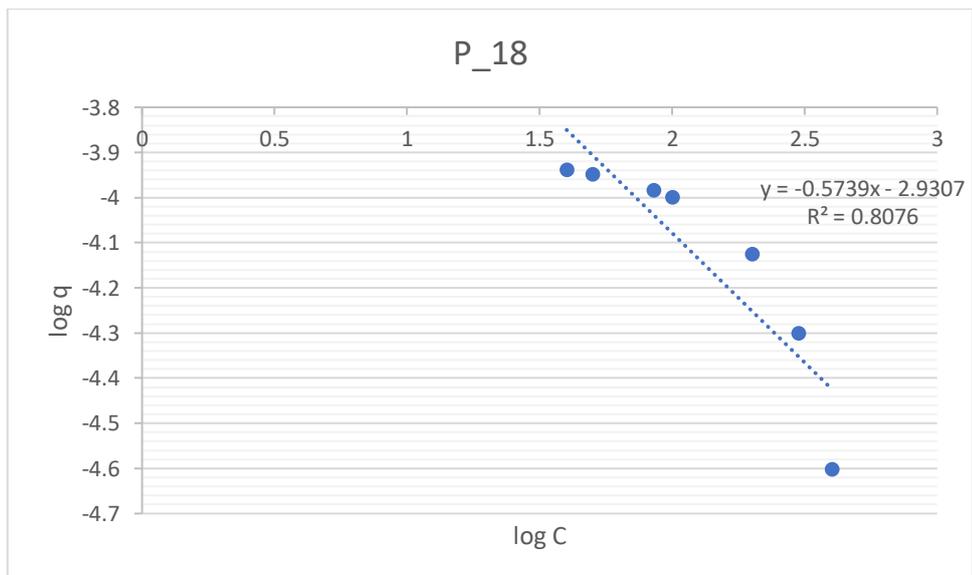
Lo que se puede observar en la figura 41 al graficar log C, log q en función de Ce en la muestra 16 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 45 Isoterma de Freundlich en el Punto 17



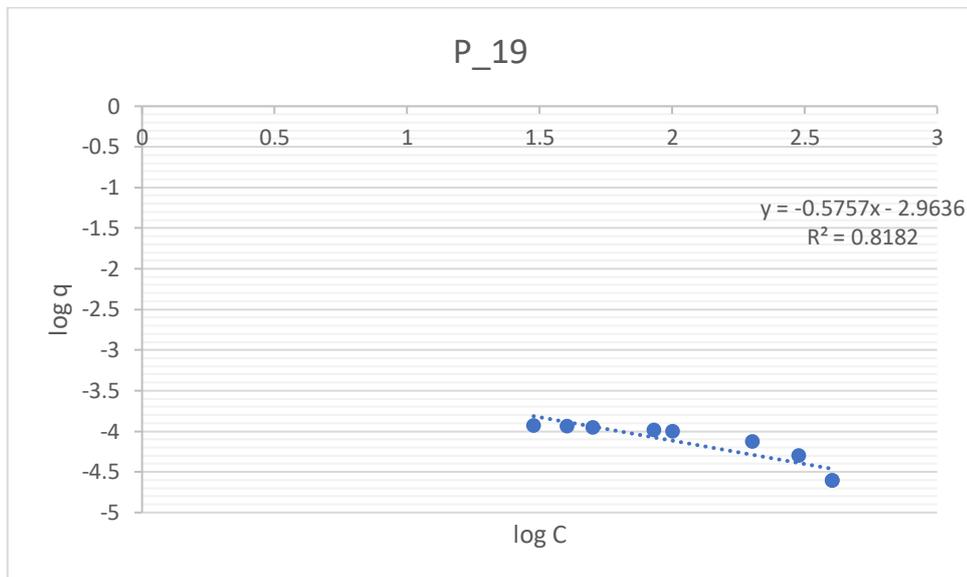
En esta figura 42 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 46 Isoterma de Freundlich en el Punto 18



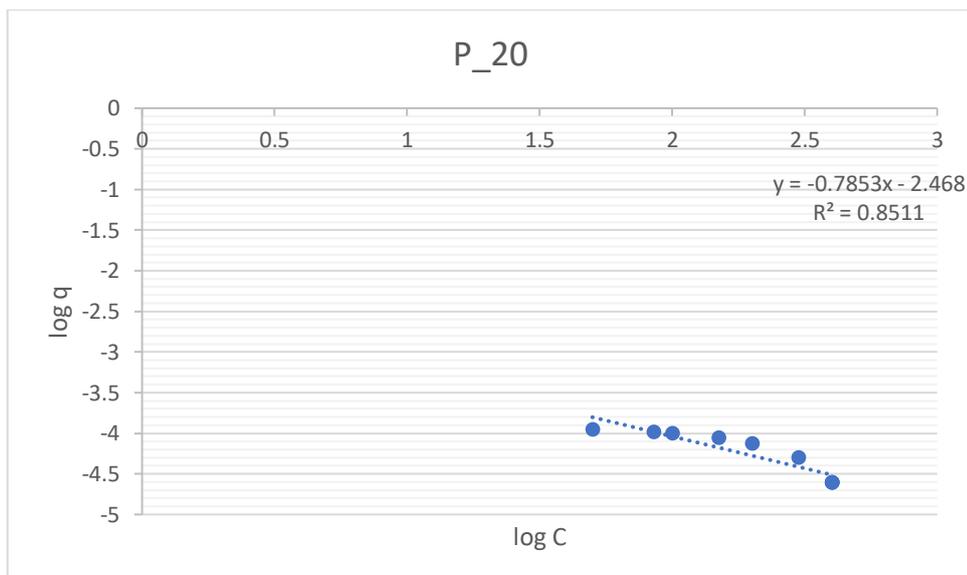
En esta figura 43 se puede observar la función de Log C, Log q en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 47 Isoterma de Freundlich en el Punto 19



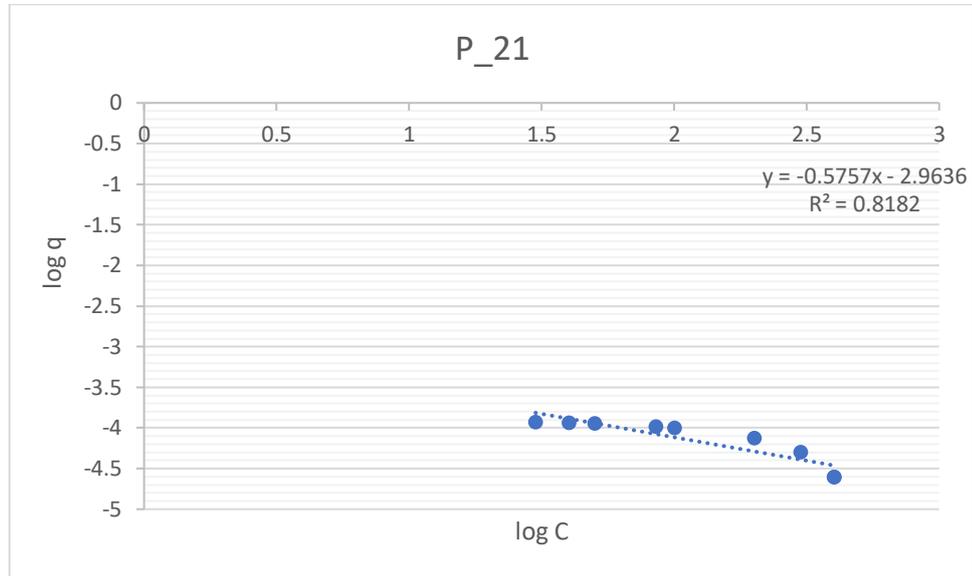
Lo que se puede observar en la figura 44 al graficar $\log C$, $\log q$ en función de C_e en la muestra 19 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 48 Isoterma de Freundlich en el Punto 20



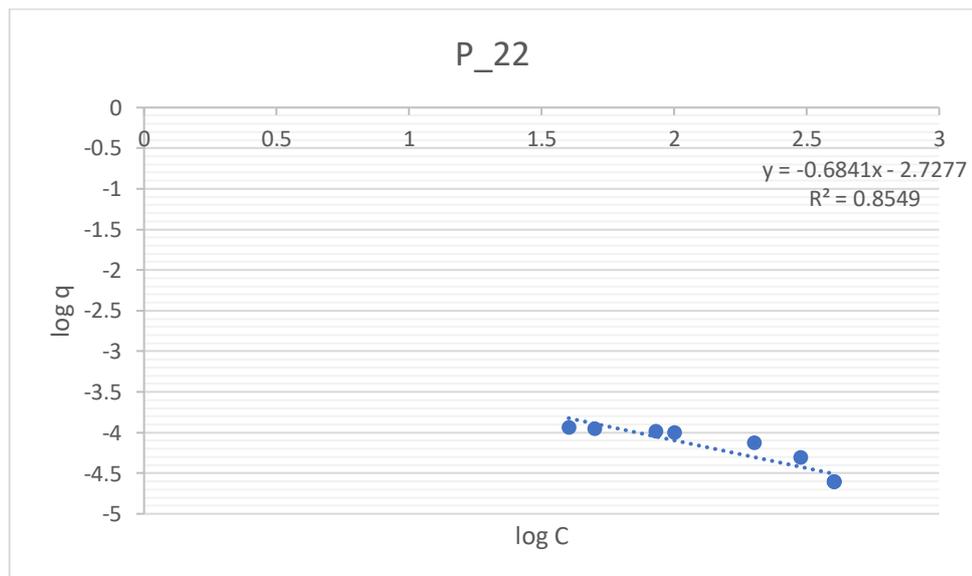
En esta figura 45 se puede observar la función de $\log C$, $\log q$ en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Ilustración 49 Isoterma de Freundlich en el Punto 21



Lo que se puede observar en la figura 46 al graficar $\log C$, $\log q$ en función de C_e en la muestra 21 se puede afirmar que hay una aproximación a la Isoterma de Freundlich y que r^2 es 0.81 y la correlación es aceptable

Ilustración 50 Isoterma de Freundlich en el Punto 22



En esta figura 47 se puede observar la función de $\text{Log } C$, $\text{Log } q$ en el cual muestra un resultado de r^2 es mayor o igual a 0,85 es adecuado y la correlación es aceptable.

Tabla 12 Capacidad de Adsorción de As

Punto de Muestra	Capacidad de Adsorción de As	Cantidad Máxima Adsorbida de As	R²
P1	0,00109	-1,7370	0,8182
P2	0,00187	-1,4618	0,8549
P3	0,00189	-1,5246	0,7992
P4	0,00109	-1,7370	0,8182
P5	0,00187	-1,4618	0,8549
P6	0,00340	-1,2734	0,8511
P7	0,00187	-1,4618	0,8549
P8	0,00082	-1,9728	0,7872
P9	0,00187	-1,4618	0,8549
P10	0,00340	-1,2734	0,8511
P11	0,00187	-1,4618	0,8549
P12	0,00340	-1,2734	0,8511
P13	0,00109	-1,7370	0,8182
P14	0,00109	-1,7370	0,8182
P15	0,00340	-1,2734	0,8511
P16	0,00109	-1,7370	0,8182
P17	0,00340	-1,2734	0,8511
P18	0,00117	-1,7425	0,8076
P19	0,00109	-1,7370	0,8182
P20	0,00340	-1,2734	0,8511
P21	0,00109	-1,7370	0,8182
P22	0,00187	-1,4618	0,8549

Elaboración Propia

En la isoterma de Freundlich se graficó Log C en función de Log q, para la mayoría de muestra de los cuales se obtuvieron valores de $r^2 = 0.8549$ en los puntos 22,11, 9, 7, 2 de lo que se asemejan a la isoterma de Freundlich ya que su correlación es aceptable, mientras tanto que el valores de $r^2 = 0.7992$ en el punto 3, 8 siendo esta una correlación no tan aceptable y relación lineal casi perfecta en $r^2 = 0.8549$ este modelo según (Laso J., Navarro A., Sun-Kou M., Llanos B, 2008). A demás que en la tabla de Freundlich se muestra la cantidad máxima adsorbida de arsénico de -1,9728 por lo tanto de acuerdo a (Martha L., Benjamin L, 2005) manifiesta que en el modelo empírico de Freundlich en el proceso de adsorción se forman superficies heterogéneas y que tomando en cuenta en el proceso primero se generan en las fuertes y que

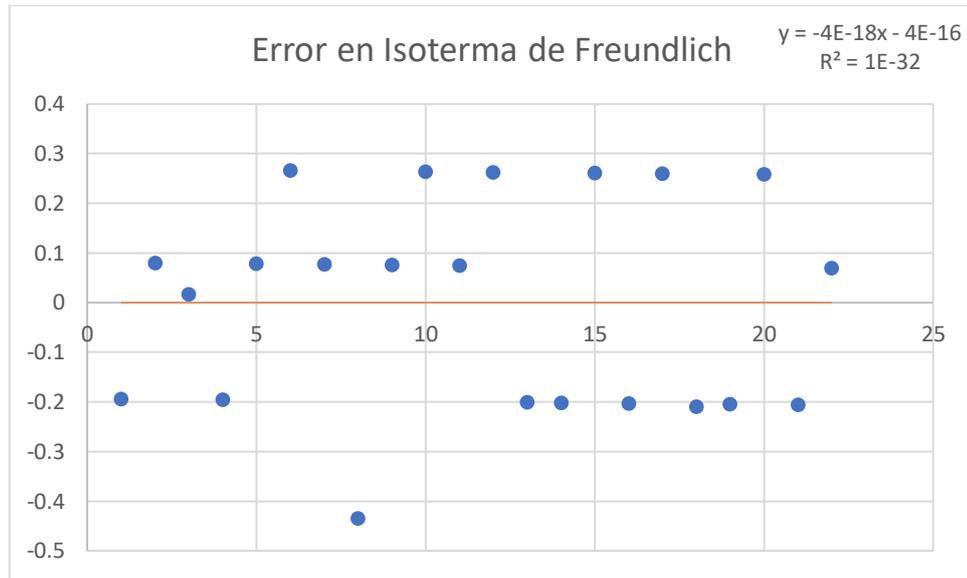
con el tiempo la fuerza del enlace decrece, por lo que podemos observar en la tabla que los valores de adsorción son mayores que los valores máximos de adsorción.

Tabla 11 Margen de error Isoterma de Freundlich

<i>Observación</i>	<i>Pronóstico para Y</i>	<i>Residuos</i>
1	-1,54282451	-0,19417549
2	-1,54225291	0,08045291
3	-1,54168131	0,01708131
4	-1,54110971	-0,19589029
5	-1,54053811	0,07873811
6	-1,53996652	0,26656652
7	-1,53939492	0,07759492
8	-1,53882332	-0,43397668
9	-1,53825172	0,07645172
10	-1,53768012	0,26428012
11	-1,53710853	0,07530853
12	-1,53653693	0,26313693
13	-1,53596533	-0,20103467
14	-1,53539373	-0,20160627
15	-1,53482213	0,26142213
16	-1,53425054	-0,20274946
17	-1,53367894	0,26027894
18	-1,53310734	-0,20939266
19	-1,53253574	-0,20446426
20	-1,53196414	0,25856414
21	-1,53139255	-0,20560745
22	-1,53082095	0,06902095

Se realizó el margen de error con el valor real de la cantidad máxima adsorbida de As para el cual se utilizó el programa de Excel para un resultado efectivo dando como resultado valores que a continuación se graficaron para su mayor explicación.

Ilustración 51 Margen de error en la Isoterma de Freundlich



En la Ilustración 51 se muestra un margen de error notable en la mayoría de los puntos excepto en el punto 3 con un margen de error de 0,01708131 que es el único que se asemeja a estar dentro de la Isoterma de Freundlich esto se da ya que en los resultados de correlación realizados anteriormente también se mostraba una correlación no tan aceptable por tal razón no se asemeja a la construcción de Isoterma de Freundlich.

9. IMPACTOS

Ambiental

En la investigación realizada se determinó que en la reserva Ecológica de los Ilinizas se encuentra arsénico de forma natural, concluyendo que el suelo es arenoso en un 65% y con un pH que varía de 5.54 a 8.19, es total de afectación en que la retención de arsénico se encuentra presente en forma natural con capacidad alta de adsorción, afectando de esta manera al crecimiento de flora y asentamiento de fauna.

Social

En Ecuador hasta el momento no se ha elaborado un estudio en la reserva Ecología de los Ilinizas referente al nivel de arsénico natural con su capacidad de adsorción del elemento, por lo tanto, esta investigación puede ser fundamental para elaborar mecanismo de reducción de dicho elemento en entornos contaminados por actividades antrópicas tanto en cuerpos de agua como en cuerpos sólidos en el caso del suelo.

10. PRESUPUESTO

Tabla 12 Presupuesto

RECURSOS	DESCRIPCION	UNIDADES	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
HUMANO	Investigador			
	Tutor			
Muestreo				
Transporte		8	\$ 20	\$ 160.00
Instrumentos	GPS	1	\$ 7.00	\$ 7.00
	Pala	1	\$ 0	\$ 0
	Fundas Ziploc	22	\$ 0.25	\$ 5.50
Laboratorio				
Transporte		8	\$ 40.00	\$ 320.00
Análisis	pH	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Manganeso	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Hierro	22	\$ 38.99	\$ 857.78
	Aluminio	22	\$ 140.00	\$ 3080.00
	Sólidos Volátiles	22	\$ 16.90	\$ 371.8
	Límites de Atteberg	22	\$ 55.44	\$ 1219.68
Instrumentos de Laboratorio	Tubos Falcom	42	\$ 0.75	\$ 15.00
	Erlenmeyer	10	\$ 4.50	\$ 45.00
	Vaso de Precipitación	1	\$ 0	0
	Espátula	1	0	0

Reactivos	As	1	\$ 155.30	\$ 155.30
	Agua Destilada	6	\$ 2.50	\$ 15.00
Equipos	Centrifuga	1	0	0
	Estufa	1	0	0
	Balanza	1	0	0
	Agitadores	1	0	0
SUBTOTAL				\$ 7967.62
10 % DE INPREVISTOS				\$ 20.00
TOTAL				\$ 7987.62

Elaboración Propia

11. CONCLUSIONES

- En la delimitación de los puntos de muestreo se estructuró, en base a una toma de muestra compuesta de acuerdo al TULSMA, en la que se utilizó el software QGIS, se tridimensionó los puntos en una cuadrícula espacial de 100m por cada punto de toma de muestra.
- Los análisis de laboratorio de las muestras demostraron que la reserva ecológica Ilinizas, tiene un suelo franco arenoso el cual posee características de gran aireación y filtración a demás contiene pH de rangos desde 5 hasta 8, lo cual facilita la adsorción de arsénico debido a su pH intermedio entre ácido y básico adjuntamente este parámetro influye con los metaloides contenidos en suelo siendo estos Fe con un nivel alto crítico, Mn en un nivel medio y Al en concentraciones medio.
- La concentración de As en las muestras de los suelos de la Reserva Ecológica los Ilinizas variaba entre un 40 a 85 ug/L según el test colorimétrico ya que el suelo representaba este porcentaje por su naturaleza volcánica, lo cual demostró que el adsorbente utilizado en las experiencias realizadas posee una alta capacidad de adsorción de arsénico.
- La isoterma de Freundlich al ser una ecuación empírica logarítmica que relaciona la cantidad adsorbida y la cantidad en solución arrojan datos relevantes, disminuyendo el margen de error, además se observó en la gráfica que se forma una recta donde el coeficiente de correlación (r) de este modelo no es tan significativo alcanzando un máximo valor de +0,8549 siendo esta una relación no tan aceptable y no significativa con una concentración máxima adsorbida de As de -1,7370 y un margen de error significativo en el punto 8 de -0,43397668 y un valor aceptable en el punto 3 de 0,01708131.

- Los resultados de la isoterma de Langmuir $r^2 = 0,9112$ en la mayoría de las muestras por lo que se asegura que hay una adsorción en la monocapa del suelo de la reserva ecológica los Ilinizas con una cantidad máxima adsorbida de arsénico de 2,45 y capacidad de adsorción -2,04 y un error en 3 muestras en el punto (3,8 y 18) por lo que demuestra que la Isoterma de Langmuir tuvo resultados aceptables en casi todas las muestras analizadas y que si existe una adsorción buena.

12. RECOMENDACIONES

- Debido a la pandemia se dificultó el trabajo de campo y laboratorio, por lo tanto, se recomienda la adquisición de equipos para la medición de arsénico.
- Se recomienda la utilización de espectro fotómetro para la medición de arsénico ya que los resultados serán más específicos.
- Se incentiva a seguir ampliando el presente trabajo investigativo para poder prevenir, mitigar, corregir, compensar, daños ambientales y sociales.
- Para la aplicación del método de Langmuir y Freundlich se recomienda trabajar con concentraciones diferentes para un mejor estudio y elaboración de las gráficas de isothermas.

BIBLIOGRAFÍA

- ✚ Acuña Piedra, A. A. (2016). Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica. Colombia: Tecnología en Marcha.
- ✚ Agency, E. C. (2017). AR (Arsénico Y Compuestos). Helsinki, Finland: Telakkakatu.
- ✚ Amez, M. (13 de julio de 2013). Caracterización fisicoquímica de suelos expansivos en la Chorrera. Obtenido de <https://www.slideshare.net/maryamez92/caracterizacion-fisicoquimica-desuelosexpansivosenlachorrera10>
- ✚ Barrena, J. C. (2018). Síntesis y caracterización de nanopartículas de óxidos de hierro. Pamplona. Carbonell A.A., B. F. (1995). Arsénico en el sistema suelo-planta: significado ambiental. Alicante, España: Espagráfic.
- ✚ Bundschuh J., Pérez A., Litter M., s.f. IBEROARSEN Distribución del arsénico en las regiones Ibérica e Iberoamericana. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Marta_Litter/publication/258702251_Distribucion_del_arsenico_en_las_regiones_Iberica_e_Iberoamericana/links/00b4952b1fbb7dc223000000.pdf#page=14
- ✚ Burbano Orjuela H., 2016, El suelo y su relación con los servicios ecosistémicos y la seguridad alimentaria. Rev. Cienc. Agr. 33(2):117-124. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.163302.58>.
- ✚ Castro A., T. L. (2013). Risk of aquifers contamination in Zacatecas, Mexico, due to mine tailings. Mexico: Memorias.
- ✚ Castro N., Sánchez F., Rojas R., Tamariz J., Reyes E., (2020, 19 de Febrero), Nivel de contaminación de metales y arsénico en aguas residuales y suelos en la subcuenca del alto balsas en Tlaxcala y Puebla, México. Revista internacional de contaminación ambiental. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.20937/rica.2019.35.02.06>
- ✚ Chang, P. R. (2014). Microbiología . Mexico : Editorial.
- ✚ Ecolap, M. (2007). Guía del Patrimonio de Áreas Naturales Protegidas del Ecuador. Quito, Ecuador: ECOFUND, FAN, Darwin Net, IGM.
- ✚ Ecuador, M. d. A. (2006). Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007 - 2016. Quito - Ecuador: Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas.
- ✚ Enrique Combatt, G. M. (2 de diciembre de 2005). CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y FÍSICA DE LOS SUELOS. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-CaracterizacionQuimicaYFisicaDeLosSuelosAgroforest-5002404.pdf>
- ✚ Fabio, G. (2015). Propiedades químicas de los suelos. Bogotá, Colombia. :

- Instituto Geografico Agustin Codazzi.
- ✚ Galvao L. y Corey G., (1987), Arsénico, Recuperado de <https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/31247/arsenico1987-spa.pdf?sequence=1>
 - ✚ Girard H. Rougieux R. (2017). Microbiologia agrícola. España: Editorial.
 - ✚ García, Ponce de León, Hill, Rucks y Kaplan, 2004, Propiedades Físicas del Suelo. Universidad de la Republica.
 - ✚ J.C.U., M. D. (2007). Arsenic removal from water/wastewater using adsorbents. A critical review.
 - ✚ Jorge Borges, M. B. (agosto de 2012). Características físico-químicas del suelo y su asociación con macroelementos en áreas destinadas a pastoreo en el estado Yaracuy. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612012000200006
 - ✚ Kamilla, V. (2018). Propertier of see ad soil bacteria with reference to the colonizacion of roots by microorngnisms. Czechoslovakia, Prague. : Institute of Microbiology Czechecoslovak Academi of Sciencece.
 - ✚ Lasso J., Navarro A., Sun-Kou M., Llanos B., 2008, SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE ARCILLAS ORGANOFÍLICAS Y SU APLICACIÓN COMO ADSORBENTES DEL FENOL. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v74n4/a02v74n1.pdf>
 - ✚ Malagon D, Montenegro G. (2011). Propiedas fisicas de los suelos. Bogota, Colombia : Instituto Geognillco.
 - ✚ MAE., (2008). Plan De Manejo De La Reserva Ecológicailiniza S (REI).
 - ✚ Mandal, B., & Suzuki, K. (2002). Arsenic round the world: a review. Talanta, 58, 201– 235.
 - ✚ Moreno-Jiménez, E., Manzano, R., Esteban, E., & Peñalosa, J. (2009). The fate of arsenic in soils adjacent to an old mine site (Bustarviejo, Spain): mobility and transfer to native flora. Journal of Soils and Sediments, 10(2), 301–312.
 - ✚ Moreno, J. (2010). Recuperacion de suelos mineros contaminados con Arsenico mediante fitotecnologias. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Madrid.
 - ✚ Novillo, Carrillo, Cargua ,Moreira, Alban y Morales , 2018 , Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos,

Ecuador.

- ✚ Pérez N, G. J. (2011). Estudio termodinámico del proceso de adsorción de iones de Ni y V por parte de Ligninas precipitadas del licor negro Kraft. *LatinAm*.
- ✚ Prasanta, K. R. (2014). Iron oxide hydroxide nanoflower assisted removal of arsenic. . *Materials Research Bulletin*.
- ✚ Rangel E.; Montanez L.; Luevanos M. p. y Balagurusamy N. Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación por microorganismos. *Terra Latinoam* [online]. 2015, vol.33, n.2, pp.103-118. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792015000200103&lng=es&nrm=iso>. ISSN 2395-8030.
- ✚ Smedley, P. L., & Kinniburgh, D. G. (2002). A review of the source , behaviour and distribution of arsenic in natural waters, Pergamon 17, 517–568.
- ✚ stockholmcity. (Jul de 2012). Reserva Ecológica Los Illinizas. Obtenido de PARQUE NACIONAL | Los Illinizas | Reserva Ecológica: <https://www.skyscrapercity.com/threads/parque-nacional-los-illinizas-reserva-ecol%C3%B3gica.1987567/>
- ✚ Vargas, C. (5 de mayo de 2012). CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE SUELOS EN PLANTACIONES DE *Pinus radiata* EN ACOSA, PARROQUIA LASSO,. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2216/1/33TO106.pdf>

13. ANEXOS

Figura 49

Hoja de Vida del Tutor

CURRICULUM VITAE

INFORMACIÓN PERSONAL

NOMBRES / APELLIDOS **JOSÉ LUIS ÁGREDA OÑA**

DIRECCIÓN	Ecuador, San Gabriel, Provincia del Carchi, Calderón y 27 de Septiembre
	Quito, Av, Occidental y Vaca de Castro, Bloque Nono Dept. 401
TELÉFONOS	0986003679/062290451
CORREO ELCTRÓNICO	jos.agreda@gmail.com/j_luisagreda@hotmail.com
NACIONALIDAD	Ecuatoriana
FECHA DE NACIMIENTO	09-OCT-1987
GÉNERO	Masculino
CAMPO DE DESEMPEÑO ACTUAL	Educación Superior

EXPERIENCIA

1

Universidad Técnica de Cotopaxi	
FECHA	Desde el 10 de abril 2019-08 -presente
CARGO	Docente
Docente	<ul style="list-style-type: none"> ● Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente. ● Docente Diseño de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales.

2		<ul style="list-style-type: none"> • Docente Ruido, Vibraciones y Sistemas de Insonorización. • Coordinador Vinculación Carrera Medio Ambiente
Universidad Politécnica Estatal del Carchi		
	FECHA	Desde el 2 de abril 2018-08 de febrero 2019
	CARGO	Docente
	Docente	<ul style="list-style-type: none"> • Carrera de Ingeniería en Computación • Investigación Académica • Vinculación a la Sociedad

3

AGENCIA DE REGULACIÓN Y CONTROL HIDROCARBURÍFERO (ARCH)	
FECHA	Desde el 1de septiembre 2014-31de marzo 2018
CARGO	Técnico de Control y Regulación
ACTIVIDADES PRINCIPALES Y RESPONSABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> • Control y Regulación de la Calidad y Volumen de Hidrocarburos Líquidos derivados de Petróleo y Gas Licuado (GLP) así como de su infraestructura para la comercialización. • Control de Responsabilidad Ambiental y Social en las diferentes fases de la Industria Hidrocarburífera • Gestión Publica Administrativa • Director Subrogante Regional Norte 02/10/2017-16/10/2017

4

FECHA	23 de septiembre 2013 hasta el 30 de abril del 2014
CARGO	Drilling Fluid Engineer I (Diseño de Fluidos de Perforación)
ACTIVIDADES PRINCIPALES Y RESPONSABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> ● Diseño de fluidos de perforación ● Titulación Química ● Manejo de laboratorio móvil para pruebas en campo de fluidos de perforación y de suelos provenientes del yacimiento petrolífero. ● Análisis de suelos contaminados con petróleos para su remediación y posterior incorporación al ambiente

5

QMAX DEL ECUADOR S. A.	
FECHA	1ro octubre 2012 1ro de febrero del 2013
CARGO	Laboratorista
ACTIVIDADES PRINCIPALES Y RESPONSABILIDADES	<ul style="list-style-type: none"> ● Pruebas químicas y físicas de suelos contaminados con petróleos para su posterior tratamiento e incorporación al medio ambiente. ● Desarrollo de proyecto de titulación en zeolitas como tamices moleculares para descontaminación de metales pesados en suelos provenientes de yacimientos petrolíferos. ● Apoyo en la administración del laboratorio en procedimientos para el cumplimiento de la normativa legal vigente

EDUCACIÓN Y CAPACITACIONES

1)

FECHA	Noviembre 2014 _ Septiembre 2017
POSGRADO	Magister en Sistemas de Gestión Ambiental. (1079-2018-1930244)
MATERIAS PR INCIPALES REVISADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas de Gestión Ambiental y Responsabilidad Social, • Descontaminación de Agua, Descontaminación de Suelos, • Legislación Ambiental, • <p>Sistemas Informáticos Georeferenciales</p>
UNIVERSIDAD	Universidad de las Fuerzas Armadas (ESPE), Sangolquí

2)

FECHA	Octubre 2005 -Agosto 2013
TÍTULO	Ingeniero en Petróleos (1001-14-1257655)
MATERIAS PR INCIPALES REVISADAS	<ul style="list-style-type: none"> • Producción • Comercialización de Hidrocarburos • Hidráulica de fluidos • Tratamiento de suelos contaminados en base a métodos de tamices moleculares, • Legislación Ambiental
UNIVERSIDAD	Escuela Politécnica Nacional, Quito

C APACITACIÓN

FECHA	17 de julio 2019
	Ponente en las Primeras Jornadas de Difusión Ambiental
UNIVERSIDAD	Universidad Técnica de Cotopaxi
FECHA	5 de julio 2019
	Expositor de Curso de 40 horas de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales
UNIVERSIDAD	Universidad Técnica de Cotopaxi
FECHA	4 de julio 2015 hasta 10 de julio 2015
FIELD SCHOOL	<p>Enviromental Managment</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Intercambio de conocimientos e ideas para generar métodos de evaluación de ciclo de vida de los productos ofertados por la Industria de Ecuador ● Gestion Ambiental en Minas De Hidrocarburos.
UNIVERSIDAD	University of Saskatchewan, Saskatoon, Canada

C UALIDADES PERSONALES

LENGUAJE NATIVO	Español
OTROS LENGUAJES	Inglés, Writing:9/10 Listening:8/10 Speaking:8/10
CUALIDADES	<p>PUNTUAL</p> <p>AUTO CAPACITACIÓN CONSTANTE</p> <p>RESPONSABLE</p> <p>LIDERAZGO</p> <p>MANEJO DE GRUPO DE PERSONAS</p> <p>RESULTADOS EN TRABAJO BAJO PRESIÓN</p>
CONOCIMIENTO GENERAL,	MANEJO DE PAQUETES

HABILIDADES Y COMPETANCIA	INFORMATICOS
	GESTION DOCUMENTAL, ISO 14001:2015(GESTIÓN AMBIENTAL), CIENCIAS EXACTAS MANEJO LABORATORIOS ISO 17025:2005
LICENCIA DE MANEJO	B, Sport Man

REFERENCIAS

ING. JOSÉ BECERRA, Gerente GUPICEMA C.A. Consultora Ambiental	gerardoecu@yahoo.es 0999002969
MGS. PABLO ANDRÉS OBANDO, DOCENTE EPN	pabloand-om@hotmail.com 0984588255
MGS. CARLOS MUÑOZ DIRECTOR HIDROCARBUROS REGIONAL SANTO DOMINGO,	carlos.munoz@controlhidrocarburos.gob.ec 0994376345

Figura 50

Toma de muestras

Figura 51

Recolección de Muestras



Figura 52
Toma de puntos



Figura 52
Análisis de laboratorio, preparación del soluto



Figura 53

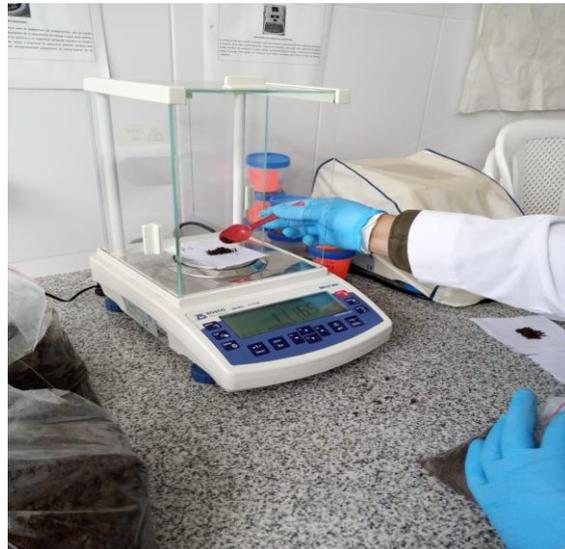


Figura 54

Medición de As



Solución de As utilizada



Figura 55
Preparación de la solución

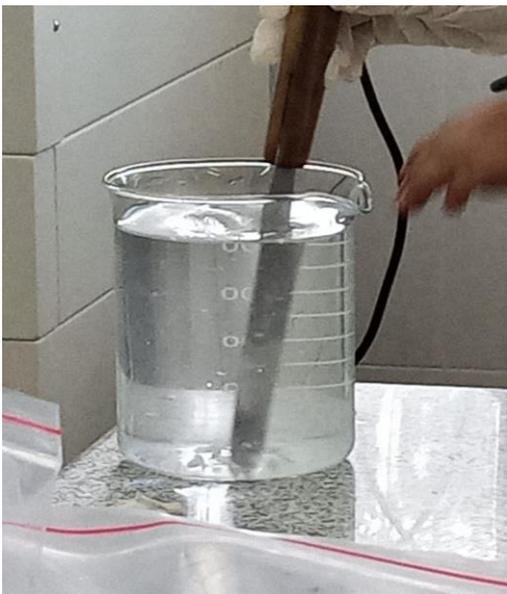


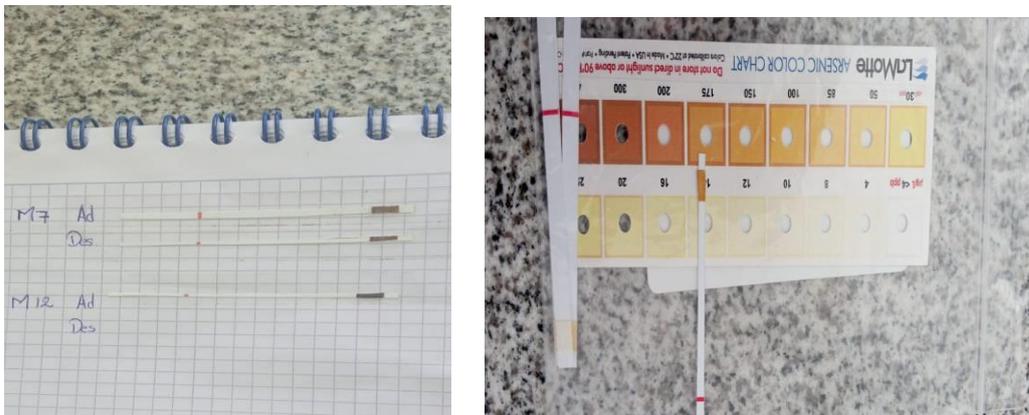
Figura 56



Figura 57

Resultado del análisis

Test Colorimétrico de Arsénico

**Figura 58**

Isoterma de Frenguich y Lagmiur, Datos

TIEMPO	MUESTRAS									
	M1		M2		M3		M4		M5	
	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O
0.30	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400	300
1	400	200	> 400	200	> 400	300	400	200	> 400	200
2	300	150	400	150	> 400	200	300	150	400	150
3	200	100	300	150	300	150	200	100	300	150
6	100	85	200	100	200	100	100	85	200	100
8	85	50	100	85	150	100	85	50	100	85
12	50	40	85	50	100	85	50	40	85	50
24	40	30	50	40	85	50	40	30	50	40
48	30	30	40	30	50	40	30	25	40	30
	M6		M7		M8		M9		M10	
	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O
	0.30	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400
1	> 400	300	> 400	200	400	200	> 400	200	> 400	300
2	> 400	200	400	150	300	150	400	150	> 400	200
3	300	150	300	150	200	100	300	150	300	150
6	200	100	200	100	100	85	200	100	200	100
8	150	100	100	85	85	50	100	85	150	100
12	100	85	85	50	50	40	85	50	100	85
24	85	50	50	40	40	30	50	40	85	50
48	50	40	40	30	30	25	40	30	50	40
	M11		M12		M13		M14		M15	
	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O	SOL	H2O
	0.30	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400
1	> 400	200	> 400	300	400	200	400	200	> 400	300
2	400	150	> 400	200	300	150	300	150	> 400	200

3	300	150	300	150	200	100	200	100	300	150
6	200	100	200	100	100	85	100	85	200	100
8	100	85	150	100	85	50	85	50	150	100
12	85	50	100	85	50	40	50	40	100	85
24	50	40	85	50	40	30	40	30	85	50
48	40	30	50	50	30	25	30	30	50	40
	M16		M17		M18		M19		M20	
	SOL	H20								
0.30	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400	300	> 400	300
1	400	200	> 400	300	> 400	200	400	200	> 400	300
2	300	150	> 400	200	400	150	300	150	> 400	200
3	200	100	300	150	300	150	200	100	300	150
6	100	85	200	100	200	100	100	85	200	100
8	85	50	150	100	100	85	85	50	150	100
12	50	40	100	85	85	50	50	40	100	85
24	40	30	85	50	50	40	40	30	85	50
48	30	30	50	40	40	40	30	30	50	50
	M21		M22							
	SOL	H20	SOL	H20						
0.30	> 400	300	> 400	300						
1	400	200	> 400	200						
2	300	150	400	150						
3	200	100	300	150						
6	100	85	200	100						
8	85	50	100	85						
12	50	40	85	50						
24	40	30	50	40						
48	30	30	40	30						

Figura 58

Resultados de As en el test colorimétrico.

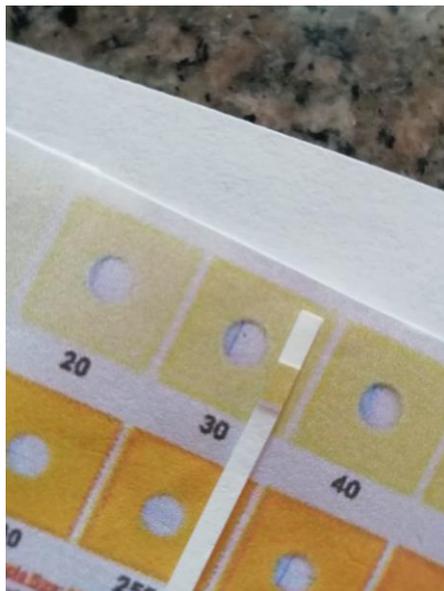
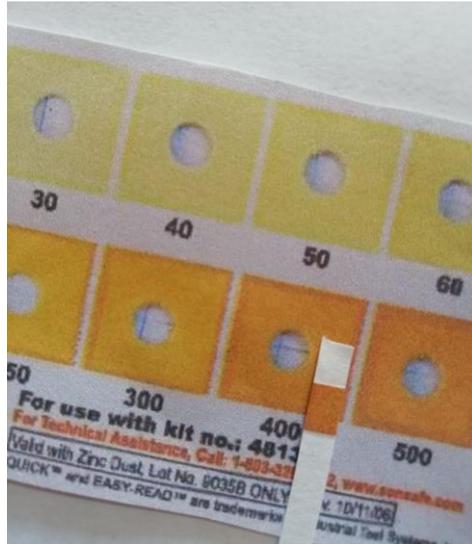
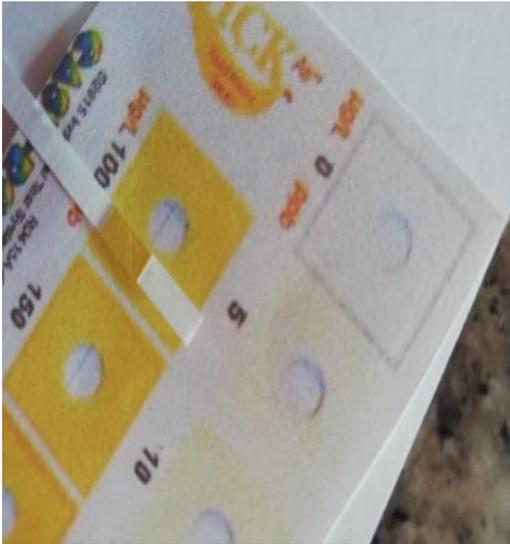




Figura 59

Aval de Traducción



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de docente del idioma inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: la traducción del resumen del Proyecto de Investigación al idioma inglés presentado por los señores egresados de la Carrera de **INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE** de la Unidad Académica de **CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, **LASLUISA CHACHA ANDRES SEBASTIAN** y **TOAQUIZA CHICAIZA KATERINE STEFANIA**, cuyo título versa **“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO MEDIANTE ISOTERMAS DE LANGMUIR Y FREUNDLICH EN LOS SUELOS DE LA RESERVA ECOLÓGICA LOS ILINIZAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI DURANTE DEL PERIODO 2020- 2021.”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, 17 de marzo del 2021.

Atentamente,

Ledo. Collaguazo Vega Wilmer Patricio Mg. C.
C.C. 1722417571
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

1803027935 Firmado digitalmente por
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.17 09:56:27 -05'00'