



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE TIPOS DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN
FREUNDLICH, LANGMUIR Y BRUNAUER, EMMETT, TELLER EN ZEOLITA
PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE
COTOPAXI EN EL PERIODO 2020”**

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

Autor

Landeta Tapia Jeisson Javier

Tutor

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

LATACUNGA – ECUADOR

Septiembre 2020

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Yo, Landeta Tapia Jeisson Javier con CC. 1600526659, declaro ser autor del presente proyecto de investigación **“Análisis bibliográfico de tipos de isothermas de adsorción Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller en zeolita para la recuperación de suelos agrícolas de la provincia de Cotopaxi en el periodo 2020”**, siendo el Ing. José Luis Agreda Oña Mg. tutor del presente trabajo; y eximo expresarme a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posible reclamo o acciones legales.

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

Latacunga, 17 septiembre del 2020

Landeta Tapia Jeisson Javier
CC: 1600526659

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 LANDETA TAPIA JEISSON JAVIER, identificado con C.C. **1600526659** de estado civil **Soltero**, y con domicilio en la Ciudad de Latacunga, barrio “Vertientes de Cotopaxi”, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/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 **Proyecto de Investigación**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Fecha de inicio de la carrera: Septiembre 2015 – Febrero 2016

Fecha de finalización: Mayo 2020 – Septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de julio del 2020

Tutor. - Ing. Mg. José Luis Agreda Oña

Tema: “ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE TIPOS DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN FREUNDLICH, LANGMUIR Y BRUNAUER, EMMETT, TELLER EN ZEOLITA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2020”

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**, transfieren 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** podrán 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 las cláusulas cuartas, 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 17 días del mes de septiembre del 2020.

Landeta Tapia Jeisson Javier

EL CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE TIPOS DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN FREUNDLICH, LANGMUIR Y BRUNAUER, EMMETT, TELLER EN ZEOLITA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2020”, de Landeta Tapia Jeisson Javier, de la carrera 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 ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 17 septiembre del 2020

Ing. Mg. José Luis Agreda Oña
TUTOR DEL PROYECTO
CC: 0401332101

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad 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 el postulante: Landeta Tapia Jeisson Javier con el título del proyecto de investigación: “Análisis bibliográfico de tipos de isothermas de adsorción Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller en zeolita para la recuperación de suelos agrícolas de la provincia de Cotopaxi en el periodo 2020”, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 17 septiembre del 2020

Ing. Vladimir Marconi Ortiz Bustamante
LECTOR 1 (PRESIDENTE)
CC: 0502188451

Ing. Oscar Rene Daza Guerra
LECTOR 2
CC: 0400689790

Ing. José Antonio Andrade Valencia
LECTOR 3
CC: 0502524481

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a cada uno de los docentes que me brindaron sus conocimientos a lo largo del tiempo en la carrera.

A mi Padre Edison Freddy Landeta Banda y mi Madre Eulalia Marlene Tapia Chacón por el apoyo que me brindaron durante mi periodo de estudios.

A mis Hermanos y Hermana que me han apoyado moralmente, con sus consejos y motivación brindada.

A Kiara por estar siempre aconsejándome y alentándome a seguir adelante, por ser parte de mi vida durante el tiempo de estudio.

Quiero expresar mi gratitud al Ing. JOSÉ AGREDA, por ser mi guía en este trabajo de investigación que con sus conocimientos y experiencia se logró culminar con éxito el trabajo de investigación.

Jeisson Landeta

DEDICATORIA

Este trabajo dedico con mucho cariño a mi Padre Edison Landeta y mi Madre Eulalia Tapia, por su apoyo incondicional, por saber guiarme a lo largo de mi vida tanto académica como personal, por apoyarme económicamente en todos mis años de estudio, por tener la fortaleza de sacar adelante a cada uno de sus hijos y por ser mi mejor ejemplo a seguir.

Jeisson Landeta

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE TIPOS DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN FREUNDLICH, LANGMUIR Y BRUNAUER, EMMETT, TELLER EN ZEOLITA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2020”

Autor: Landeta Tapia Jeisson Javier

RESUMEN

En la provincia de Cotopaxi en los últimos años ha establecido algunos sistemas de producción para sus productos, lo que ha evidenciado un desgaste más acelerado de los suelos, disminuyendo la calidad de producción de los mismos. En la actualidad se ha constatado que la acumulación progresiva de ETM (elementos traza metálicos) en los suelos, pueden generar efectos negativos en la salud de los seres humanos ya que al consumir estos metales pesados interfieren en procesos enzimáticos por medio de esto se puede generar distintas patologías como intoxicaciones. Para lo cual en el presente proyecto se estableció el análisis bibliográfico de tipos de isotermas de adsorción, considerando tres tipos de metodologías: Freundlich, Langmuir, y Brunauer, Emmett, Teller (BET), con la finalidad de poder establecer cuál es la más factible para la adsorción en la Zeolita como una alternativa para la recuperación de los suelos agrícolas en la provincia de Cotopaxi, para su desarrollo se basó en fuentes de información bibliográfica, además se utilizó técnicas e instrumentos de investigación para realizar el análisis metodológico de las isotermas de adsorción; para la validación de la pregunta científica se elaboró la guía bibliográfica. Como resultado del análisis de isotermas de adsorción, se evidenció que la isoterma de Freundlich no tiene una validación científica que sustente sus resultados, mientras que la isoterma de Langmuir su sistema de adsorción se establece en mono capa y se la usa más para la quimisorción permitiendo concluir que la mejor isoterma es la de BET ya que su adsorción es en multicapa y eso permite que la adsorción más eficiente. Pudiendo concluir que los objetivos trazados en el presente proyecto de investigación se han cumplido por completo pudiendo establecer que la adsorción con zeolita para la recuperación de suelos agrícolas en la provincia de Cotopaxi es factible.

Palabras claves: Isotermas, Adsorción, Freundlich, Langmuir, Brunauer – Emmett – Teller; ETM (elementos traza metálicos).

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES SCHOOL

THEME: "BIBLIOGRAPHIC ANALYSIS OF FREUNDLICH, LANGMUIR AND BRUNAUER ADSORPTION ISOTHERMS, EMMETT, TELLER IN ZEOLITE FOR THE RECOVERY OF AGRICULTURAL SOILS IN THE PROVINCE OF COTOPAXI IN THE PERIOD 2020"

Author: Landeta Tapia Jeisson Javier

ABSTRACT

In the province of Cotopaxi in recent years has established some production systems for their products, which has shown a more rapid wear of the soil, reducing the quality of production of them. At present, it has been proven that the progressive accumulation of MTE (trace metal elements) in soils can generate negative effects on human health, since the consumption of these heavy metals interferes with enzymatic processes, which can generate different pathologies such as intoxication. For this reason, in the present project, the bibliographic analysis of types of adsorption isotherms was established, considering three types of methodologies: Freundlich, Langmuir, and Brunauer, Emmett, Teller (BET), with the purpose of establishing which is the most feasible for adsorption in Zeolite as an alternative for the recovery of agricultural soils in the province of Cotopaxi. For its development, it was based on bibliographic information sources, and it was also used research techniques and instruments to carry out the methodological analysis of adsorption isotherms; for the validation of the scientific question, the bibliographic guide was elaborated. As a result of the analysis of adsorption isotherms, it was evidenced that Freundlich's isotherm does not have a scientific validation that supports its results, while Langmuir's isotherm, its adsorption system is established in monolayer and it is used more for chemisorption, allowing to conclude that the best isotherm is BET's since its adsorption is in multilayer and that allows a more efficient adsorption. We can conclude that the objectives set out in this research project have been completely fulfilled and we can establish that zeolite adsorption for the recovery of agricultural soils in the province of Cotopaxi is feasible.

Keywords: Isotherms, Adsorption, Freundlich, Langmuir, Brunauer - Emmett - Teller; ETM (metallic trace elements).

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA	i
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES	i
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR	iii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vi
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AGRADECIMIENTO	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
ÍNDICE DE CONTENIDOS	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
ÍNDICE DE TABLAS	xvii
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
1.1 Tema Aprobado	1
1.2 Lugar de Ejecución.....	1
1.3 Institución, Unidad Académica y Carrera	1
1.4 Equipo de trabajo.....	1
1.5 Área de conocimiento: Ciencias, protección del Medio Ambiente	1
1.6 Línea de investigación.....	1
2 INTRODUCCIÓN	2
3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
6 OBJETIVOS	5
6.1 Objetivo General.....	5
6.2 Objetivos Específicos	5
7 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	6
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA	7
8.1 Procesos de adsorción.....	7

8.2 Isotermas de Adsorción	7
8.3 Isoterma de Freundlich	8
8.4 Isoterma de Langmuir.....	9
8.5 Isoterma de Brunauer, Emmett y Teller (BET)	9
8.6 Zeolita.....	10
8.6.1 Etimología, forma y origen.....	10
8.6.2 Estructura Química	11
8.6.3 Propiedades físicas	12
8.6.4 Estructura de la zeolita	12
8.6.5 Zeolita como Adsorbente	12
8.6.6 Aplicación de zeolita.	13
8.7 Molécula Sieves (Tamiz molecular).....	13
8.8 Suelo y sus funciones básicas	14
8.9 Suelos agrícolas en Cotopaxi.....	14
8.10 Procesó de isotermas de adsorción en suelos agrícolas	15
9 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS	15
10 METODOLOGÍAS	16
10.1 Tipos de investigación	16
10.1.1 Investigación Bibliográfica.....	16
10.1.2 Investigación Descriptiva	16
10.1.3 Método Inductivo	16
10.1.4 Método Lógico-Deductivo	16
10.1.5 Criterio de expertos	16
10.1.6 Determinación de isotermas de adsorción	17
10.2 Técnicas	17
10.2.1 Técnica de Investigación Bibliográfica	17
10.2.2 Observación Directa	17
10.2.3 Análisis de Datos	17
10.3 Instrumentos	17
10.3.1 Internet.....	17
10.3.2 Computadora	17
10.4 Diseño No Experimental	17
11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	18

11.1 Afeción a los suelos agrícolas.....	18
11.2 Efectos en la Salud	19
11.3 Análisis metodología de Langmuir.....	19
11.3.1 Simulación de metodología de Langmuir.....	19
11.4 Análisis metodología de Freundlich	26
11.4.1 Simulación de metodología Freundlich.....	26
11.5 Análisis metodología Brunauer, Emmett, Teller (BET).....	33
11.5.1 Simulación de metodología Brunauer, Emmett, Teller (BET).....	33
11.6 Importancia de la Aplicación en los suelos de Cotopaxi.....	40
11.7 Comparación de resultados.....	41
12 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES O ECONÓMICOS	41
12.1 Impacto Ambiental	41
12.2 Impacto Social	42
13 PRESUPUESTO	42
14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
14.1 Conclusiones.....	43
14.2 Recomendaciones	43
15 REFERENCIAS	44
ANEXOS	46

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Ecuación Langmuir (forma lineal).....	20
Ecuación 2 Ecuación Langmuir (cantidad adsorbida).....	20
Ecuación 3 Ecuación Langmuir (contaminante adsorbido).....	20
Ecuación 4 Ecuación Langmuir (Datos).....	20
Ecuación 5 Ecuación Langmuir (concentración).....	21
Ecuación 6 Ecuación Langmuir (grafica predeterminada de Langmuir)	21
Ecuación 7 Ecuación Langmuir (valor de X)	22
Ecuación 8 Ecuación Langmuir (valor de q).....	23
Ecuación 9 Ecuación Langmuir (valor de ejes).....	23
Ecuación 10 Ecuación Langmuir (grafica Langmuir)	24
Ecuación 11 Ecuación Langmuir (forma lineal).....	24
Ecuación 12 Ecuación Langmuir (formula de grafica de Langmuir)	25
Ecuación 13 Ecuación Langmuir (valor de b).....	25
Ecuación 14 Ecuación Langmuir (valor de k).....	25
Ecuación 15 Ecuación Freundlich (forma lineal)	26
Ecuación 16 Ecuación Freundlich (cantidad adsorbida)	27
Ecuación 17 Ecuación Freundlich (contaminante adsorbido)	27
Ecuación 18 Ecuación Freundlich (contaminante adsorbido)	27
Ecuación 19 Ecuación Freundlich (concentración).....	27
Ecuación 20 Ecuación Freundlich (grafica predeterminada de Freundlich)	28
Ecuación 21 Ecuación Freundlich (valor de x)	29
Ecuación 22 Ecuación Freundlich (valor de q)	30
Ecuación 23 Ecuación Freundlich (valor de q)	30
Ecuación 24 Ecuación Freundlich (grafica de Freundlich)	31
Ecuación 25 Ecuación Freundlich (forma lineal)	31
Ecuación 26 Ecuación Freundlich (forma lineal)	32
Ecuación 27 Ecuación Freundlich (valor de n)	32
Ecuación 28 Ecuación Freundlich (valor de kd)	32
Ecuación 29 Ecuación BET (Ecuación BET).....	33
Ecuación 30 Ecuación BET (Ecuación Lineal)	33
Ecuación 31 Ecuación BET (pendiente y ordenada).....	33

Ecuación 32 Ecuación BET (Datos).....	34
Ecuación 33 Ecuación BET (valor de P)	34
Ecuación 34 Ecuación BET (eje de la y).....	35
Ecuación 35 Ecuación BET (eje de la x).....	35
Ecuación 36 Ecuación BET (grafica establecida)	36
Ecuación 37 Ecuación BET (grafica)	36
Ecuación 38 Ecuación BET (análisis ecuación lineal)	37
Ecuación 39 Ecuación BET (ecuaciones).....	37
Ecuación 40 Ecuación BET (sustitución de ecuaciones)	37
Ecuación 41 Ecuación BET (sustitución de ecuación 2).....	37
Ecuación 42 Ecuación BET (reducción)	38
Ecuación 43 Ecuación BET (multiplicación)	38
Ecuación 44 Ecuación BET (ejecución).....	38
Ecuación 45 Ecuación BET (valor qm.).....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. - Beneficiarios del proyecto de investigación	4
Tabla 2 Actividades de los objetivos planteados.....	6
Tabla 3 Crecimiento de la agricultura	40
Tabla 4 Comparación de resultados	41
Tabla 5 Presupuesto del proyecto	42

1 INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Tema Aprobado

“ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE TIPOS DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN FREUNDLICH, LANGMUIR Y BRUNAUER, EMETT, TELLER EN ZEOLITA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”
EN EL PERIODO 2020”

1.2 Lugar de Ejecución

Provincia de Cotopaxi

1.3 Institución, Unidad Académica y Carrera

Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Ingeniería en Medio Ambiente

1.4 Equipo de trabajo

Tutor: Mg. José Luis Agreda Oña

Estudiante: Jeisson Javier Landeta Tapia

1.5 Área de conocimiento: Ciencias, protección del Medio Ambiente

1.6 Línea de investigación

Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental.

2 INTRODUCCIÓN

Los suelos son muy importantes en el campo de la agricultura por lo cual es un factor clave para la economía y desarrollo socio económico del Ecuador.

La aplicación de Isotermas con zeolita en los suelos agrícolas permitirá analizar el impacto que tienen los suelos agrícolas de Cotopaxi. El propósito de este proyecto es el análisis bibliográfico de tipos de isotermas de adsorción considerando tres tipos de metodologías como son Freundlich, Langmuir, y Brunauer, Emmett, Teller, De estos tipos de metodologías analizar cuál es la más factible para la adsorción en la Zeolita, para la recuperación de suelos agrícolas de la provincia de Cotopaxi, de esta manera lo que se pretende es analizar la mejor metodología para la isoterma de adsorción en zeolita, siendo así que se podrá utilizar este análisis como una guía que permita ayudar a recuperar los suelos de agrícolas de Cotopaxi, ya que se considera que los productos agrícolas al venir de los suelos pueden contaminarse de distintas maneras y por distintos contaminantes.

En la actualidad se ha constatado la acumulación progresiva de ETM (elementos traza metálicos) en los suelos, los productos que generen estos tipos de suelos con metales pesados pueden generar efectos negativos en la salud de los seres humanos ya que al consumir estos metales pesados interfieren en procesos enzimáticos por medio de esto se puede generar distintas patologías como intoxicaciones.

Al mismo tiempo este tipo de investigación tendrá un impacto social ya que por medio del análisis bibliográfico de este tipo de metodologías ya mencionadas anterior mente se pueda analizar la metodología más acertada para la adsorción con zeolita, obtendremos determinar la metodología más factible para la adsorción con zeolita para la recuperación de suelos agrícolas en la provincia de Cotopaxi.

3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Analizando la actualidad agrícola de la provincia de Cotopaxi, se puede manifestar que este tipo de actividad es una de las principales fuentes económicas que tiene la Provincia, siendo así que el uso inadecuado de agroquímicos como la situación geográfica de la Provincia da presencia distintos contaminantes en los suelos, en estos últimos años se ha convertido en una problemática el uso inadecuado de los suelos para la agricultura, siendo esta una de las principales causas de su degradación, la misma que ha generado la afectaciones a la salud de la población y por ende del ecosistema.

Por medio de esta investigación se pretende determinar la mejor metodología para isotermas de adsorción con zeolita, en tres tipos distintas de metodologías como son: Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller generando así una guía para la recuperación de los suelos agrícolas de Cotopaxi, con fines de recuperación y mantenimiento de los mismos.

Mediante esta investigación se propone a establecer ayuda de manera que la población, pueda consumir productos agrícolas sanos y de calidad, sin presencia de contaminantes en los productos que a corto o mediano plazo pueda generar problemas en la salud, con énfasis en la recuperación y mantenimiento de los suelos.

La propuesta de este estudio de Análisis Bibliográfico está orientada a generar una guía bibliográfica de tipos de Isotermas de Adsorción en zeolita para la recuperación de suelos agrícolas en la Provincia de Cotopaxi, mediante el cual se investiga distintos tipos de procedimientos de Isotermas de Adsorción.

Por lo que el análisis investigativo posee distintas fuentes bibliográficas que permitirán analizar los distintos tipos de Isotermas de Adsorción los cuales son: Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller, además de ello analizaremos las Isotermas de Adsorción en Zeolita.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Tabla 1. - Beneficiarios del proyecto de investigación

Directos	H	M	Indirectos	H	M
<i>Agricultores Prov. de Cotopaxi</i>	52.437	73.703	<i>Población de Cotopaxi</i>	198.625	210.580
Total	52.437	73.703	Total	198.625	210.580

Fuente: (INEC, 2010)

Elaborado por: Jeisson Landeta

Según (INEC, 2010), dentro de la población Cotopaxense existe un 26,4 % de hombres y un 35.2% de mujeres en la actividad Agrícola y trabajadores calificados, representando en 52,437 en hombres y un 73.703 en mujeres. Siendo así, esto nos ayuda a poder observar que la principal actividad económica dentro de la provincia de Cotopaxi es la agricultura.

5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la Provincia de Cotopaxi la principal problemática con respecto a los suelos agrícolas, es la presencia de contaminantes antropogénicos como por el uso de agroquímicos que son utilizados para la producción agrícola.

El uso de suelo tiene gran influencia en el proceso de infiltración, distribución del agua en el suelo y evaporación afectada por la cobertura vegetal. Su análisis permite entender las causas y consecuencias de las tendencias de los procesos de degradación, desertificación, disminución de la biodiversidad y en general , pérdida del capital natural y cultural (Jáuregui Figueroa et al., 2011).

La zeolita es un aluminosilicatos hidratado cristalino (arcilla) con estructuras tridimensionales, caracterizadas por la habilidad de retener y liberar agua e intercambiar iones sin modificar su estructura atómica, intercambian cationes como Ca+, Mg++,K+ y NH4+, así como diversos compuestos de fosfatos, amoniacos y componentes de la materia orgánica. Posee una estructura tridimensional rígida (similar a un panal de abejas) conformado por una red de túneles interconectados creando una amplia área superficial para realizar el intercambio catiónico y la adsorción de humedad. Esta última puede entrar y salir de la armazón tridimensional sin variar la estructura de la arcilla (Chica Toro et al., 2006).

Tomando en cuenta que hasta la actualidad no se ha realizado este tipo de investigación en la provincia de Cotopaxi, tomaremos bases científicas, de investigaciones hechas en otros países como guías para poder realizar nuestro proyecto.

Por lo cual esta investigación es de gran importancia ya que se ve enfocada a la conservación y protección de los suelos, también tendrá un impacto social ya que permitirá ayudar para que se tenga una guía metodológica que permita analizar la mejor metodología de isothermas de adsorción en zeolita para la recuperación de los suelos en la Provincia de Cotopaxi.

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

- Elaborar una guía bibliográfica para la recuperación de suelos agrícolas de la provincia de Cotopaxi, por medio de diferentes alternativas de tipos de isothermas de adsorción en Zeolita.

6.2 Objetivos Específicos

- Analizar la información teórica y práctica de los distintos tipos de Isothermas de Adsorción aplicables para la recuperación de Suelos Agrícolas.
- Diseñar Guías Bibliográficas de tipos de procedimientos de Isothermas de Adsorción en Zeolita para la recuperación de suelos agrícolas.

7 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2 Actividades de los objetivos planteados

<p>Elaborar Guías Bibliográficas para la recuperación de suelos Agrícolas, Por medio de diferentes Alternativas de Tipos de Isotermas de Adsorción en Zeolita, Provincia de Cotopaxi.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Buscar fuentes Bibliográficas. • Consultar en PDFs o libros Información referente al proyecto de investigación. • Recopilación de información de acuerdo al tema. • Seleccionar la teoría que más se acoplen a nuestras necesidades. 	<p>Marco Teórico</p>	<p>Tesis Artículos Revistas PDFs Libros Digitales</p>
<p>Analizar la información teórica y práctica de los distintos tipos de Isotermas de Adsorción aplicables para la recuperación de Suelos Agrícolas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar un dialogo sobre el tema, con la información recolectada con el tutor. • Recolectar la teoría seleccionada para el análisis. 	<p>Requisitos del Análisis Bibliográfico</p>	<p>Reuniones Tutor Investigación Bibliográfica</p>
<p>Diseñar Guías Bibliográficas de tipos de procedimientos de Isotermas de Adsorción en Zeolita para la recuperación de suelos agrícolas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Analizar toda la teoría seleccionada de manera que permita argumentar la recuperación de suelos agrícolas. 	<p>Aplicación de Análisis Bibliográfico</p>	<p>Análisis Bibliográfico</p>

Elaborado por Jeisson Landeta

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

8.1 Procesos de adsorción

La caracterización de la adsorción implica, al menos, un estudio previo cinético que permita establecer las condiciones del equilibrio sobre el que se va a basar la caracterización de la adsorción. Especial interés tiene el estudio de la desorción, dado que la posible presencia de un fenómeno de histéresis provocaría una relación de equilibrio diferente para los procesos de adsorción y desorción. Por este motivo, una vez estimada la relación de equilibrio de adsorción se hace imprescindible la caracterización de la desorción. La adsorción, por ser un proceso exotérmico se ve favorecida a temperaturas bajas, siendo en teoría menor cuando aumenta la temperatura (Álvarez Benedí et al., 2003).

La adsorción es uno de los procesos químicos más importantes en los suelos y determina la disponibilidad de nutrientes, metales, plaguicidas y compuestos orgánicos, afectando el transporte de los mismos en el suelos. Interacciones, tanto químicas como físicas, están involucradas en los procesos de adsorción. Las interacciones físicas pueden ser a través de fuerzas de van der Waals o por la formación de complejos de esfera externa. Las interacciones químicas pueden ser a través de formación de complejos de esfera interna que involucra procesos de intercambio de ligandos, enlaces covalentes o enlaces hidrogeno (Marco Brown, 2011).

La adsorción-desorción es el más importante por influir directa o indirectamente en la magnitud y efecto de los otros. Es difícil comprender que la adsorción influye en el lavado, en la volatilización e incluso en la biodegradación por microorganismos ya que estos no pueden degradar el plaguicida si este es inaccesible. (Sanchez & Sanchez Camazano, 1984).

La adsorción permite generar un proceso, mediante el cual por procesos físicos o químicos permiten que los materiales o cuerpos disueltos se concentren en superficies sólidas por medio de enlaces.

8.2 Isotermas de Adsorción

La adsorción y desorción de contaminantes juegan un papel muy importante en el transporte y la disponibilidad de contaminantes en suelos y sedimentos. También los fenómenos de adsorción y desorción son la base para medir, diseñar y operar otros procesos de interés ambiental, tales como la remoción de compuestos tóxicos y materia orgánica recalcitrante de efluentes líquidos y gaseosos en torres empacadas de carbón activado. Los procesos de

adsorción son también de interés para la ciencia de alimentos. Es conocido que la disponibilidad de los contaminantes en suelos y sedimentos, con el fin de ser removidos y degradados, depende principalmente del proceso de adsorción (Poggi Varaldo et al., 2002).

La adsorción es un proceso dinámico en el que las moléculas de adsorción son retenidas y rechazadas simultáneamente por la superficie. A medida de que el tiempo de contacto avanza la velocidad de adsorción disminuye y la velocidad de desorción aumenta, debido a que la superficie comienza a saturarse, hasta alcanzar el equilibrio. En este punto, las velocidades de adsorción y desorción son iguales. Para un sistema dado, el equilibrio de cantidad adsorbida y desorción son iguales. Para un sistema dado, el equilibrio de cantidad adsorbida está en función de la presión o concentración del adsorbato y la temperatura según la ecuación. Las isothermas de adsorción proveen información importante respecto al adsorbente y adsorbato y al proceso de adsorción como tal; además ayudan en la determinación del volumen de poro, al área superficial del adsorbente y el calor de adsorción (Díaz Checa, 2015).

Dentro del estudio de isothermas de adsorción existen distintos tipos de metodologías de acuerdo a sus distintos autores las isothermas más utilizadas son: Freundlich, Langmuir y Brunauer, Emmett, Teller (BET), hay que tener en cuenta que las isothermas de Freundlich y Langmuir se enfocan en la adsorción química, en cuanto Brunauer, Emmett, Teller (BET) se focaliza en la adsorción física de gases en materiales porosos.

8.3 Isotherma de Freundlich

Dentro de la isoterma de Freundlich, se la usa para describir la adsorción de soluciones acuosas. Este tipo de isoterma no puede definir el intervalo lineal en concentraciones muy bajas o el efecto de saturación a concentraciones muy altas, por ello se maneja concentraciones intermedias.

$$q_{eq} = K \cdot C_{eq}^n$$

Donde:

- K= el coeficiente de adsorción caracteriza la fuerza de adsorción, cuando mayor es el valor de k, mayor es la carga adsorbente que se puede lograr.
- n = se encuentra relacionado con la heterogeneidad energética de la superficie adsorbente y forma isotérmica y si la n=1, la gráfica se vuelve lineal, las isothermas con n<1 se

considera favorables ya que muestran las altas cargas adsorbentes en concentraciones bajas. Si por el contrario $n > 1$ se considera desfavorable (Ureña Gómez, 2017).

Freundlich es un proceso empírico el cual en su inicio se lo utilizo para describir la adsorción de gases y de soluto, el cual en la actualidad se lo utiliza para la descripción de sistemas ambientales, específicamente en la adsorción del suelo. La ecuación se la puede derivar suponiendo una distribución específica de los calores de adsorción en una superficie heterogénea. Dentro de este modelo de isoterma no predice la existencia de una saturación en la interacción del adsorbato con la superficie. Por el Contrario, predice un recubrimiento infinito de la superficie, indicando una adsorción en multicapas la isoterma (Marco Brown, 2011).

8.4 Isoterma de Langmuir

La isoterma de Langmuir no suele ser el método adecuado para describir los datos de isotermas de soluciones acuosas. Este hecho se debe a que la derivación teórica de esta isoterma se basa en suposiciones que a menudo no se cumplen, como la cobertura de la mono capa de la superficie del adsorbente y la homogeneidad energética de los sitios donde tienen lugar la adsorción.

$$q_{eq} = \frac{q_m \cdot b \cdot C_{eq}}{1 + b \cdot C_{eq}}$$

Donde:

- q_m = es el valor máximo al que puede tender q_{eq} . Representa la concentración del adsorbato sobre el adsorbente cuando se completa una capa mono molecular en la superficie del mismo.
- b = Parámetro de la ecuación.

(Ureña Gómez, 2017)

Dado que este tipo de mitología de isoterma es un modelo de suposiciones no es recomendable para superficies heterogéneas complejas, este tipo de proceso de isoterma en algunos casos solo puede ser usado para propósitos cualitativos y descriptivos. (Marco Brown, 2011)

8.5 Isoterma de Brunauer, Emmett y Teller (BET)

La isoterma de Brunauer, Emmett y Teller (BET). Es una de las más utilizadas en estudios de sólidos y la más utilizada para la determinación de la superficie específica de sólidos.

La ecuación BET se desarrolla a partir de una serie de condiciones termodinámicas, que en teoría hacen que solo se pueda utilizarla en unas pocas isothermas de adsorción. Su utilización en sin embargo generalizada para todo tipo de isothermas y de muestras sin tener en cuenta las limitaciones impuestas en el desarrollo de la teoría. Hoy en día este tipo de metodología se la usa de manera comparativa entre solidos diferentes y no como una ecuación que nos permita conocer de forma “absoluta” la capacidad de la mono capa de un determinado sólido. De esta manera se justifica la utilización de la ecuación BET para determinar áreas específicas como carbones súper activados, Zeolitas, etc. Materiales que no cumplen las limitaciones de la teoría. (Parra Soto, 2013)

Forma lineal simple de la isoterma BET:

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m c} + \frac{c - 1}{V_m c} \cdot \frac{P}{P_0}$$

Donde:

- P = es la presión del gas
- V = es el volumen de adsorción
- V_m = es el volumen del gas requerido para formar una monocapa sobre la superficie.
- P_0 = es la presión de vapor del adsorbato
- c = es una constante a una determinada temperatura.

(Díaz Checa, 2015)

8.6 Zeolita

Cuando hablamos de zeolita, debemos tener en cuenta ciertas propiedades características que diferencian a cada una de ellas una unidad característica. Las propiedades básicas que diferencian a una zeolita de otra, y que hay que tener muy en cuenta al hablar de sus aplicaciones son: la relación Si/Al, la facilidad de intercambio de cationes, y el tamaño y forma de sus canales, cavidades y poros (Cortés, 2009).

8.6.1 Etimología, forma y origen

El termino zeolita fue acuñado en 1756 cuando el geólogo sueco A. Cronstedt observo que ciertos minerales, como la estilbita al ser calentados generaban vapor por lo que les denomino

zeolitas, del griego “zeo” hervir y “lithos” piedra. Wey en 1845 observo que estos minerales eran capaces de retener sales de amonio en disoluciones acuosas, siendo los primeros descubrimientos de la capacidad de intercambio catiónico. Mc. Bain en 1932 evidencio que estos materiales una vez anhidros, podían adsorber selectivamente distintos compuestos dándoles el apelativo de malla molecular.(Gelves Diaz, 2017)

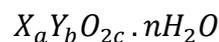
Las zeolitas se presentan de forma natural en rocas de origen volcánico. Son minerales del grupo aluminio-silicatos hidratados. Compuestos por: aluminio, sílice, hidrogeno y oxígeno.(Pillajo Chacua, 2010)

8.6.2 Estructura Química

Las zeolitas son especiales, porque son los únicos minerales unipolares, con carga solo negativa: esto significa que tiene capacidad de absorber contaminantes como parte de un proceso natural, otra característica de importancia vital. Es que las zeolitas captan nutrientes y el agua. Mientras el ambiente está saturado y los devuelven lentamente de acuerdo a demanda de la planta.(Pillajo Chacua, 2010)

Las zeolitas son una familia de aluminosilicatos hidratados que pertenecen al subgrupo de los “tectosilicatos”, son altamente cristalinos que al deshidratarse desarrollan una estructura porosa con diámetro de poro mínimo de entre 3-10 angstroms. su formación se da comúnmente por alteraciones de rocas de volcanes ricas en vidrio (tobas) con agua dulce en lagos de playa o por agua de mar.(Alvarez Caiza, 2019)

Estructura general de las zeolitas:



Donde:

X = Na, Ca, K, Ba, Sr

Y = Si y Al

n es un número variable y depende de la zeolita.

La relación entre Si y Al es inferior a 1

La relación entre (Si y Al) y O es 0.5

(Ruiz Hidalgo, 2011)

8.6.3 Propiedades físicas

Las propiedades físicas de una zeolita deben considerarse de dos formas: primero una descripción mineralógica de la zeolita desde un punto de vista de sus propiedades naturales, incluyendo la morfología, hábitos del cristal, gravedad específica, densidad, color, tamaño del cristal o grano, grado de cristalización y resistencia de la corrosión y abrasión, segundo, desde el punto de vista de su desempeño físico, como un producto para cualquier aplicación específica (Núñez, 2009).

8.6.4 Estructura de la zeolita

Cuando hablamos de poros, canales cavidades, estamos haciendo referencia a la propiedad más determinante de una zeolita en cuanto a su destino para diferentes aplicaciones. La estructura zeolítica tiene una red de cavidades de tamaño molecular, formando un sistema de canales a lo largo de toda la estructura. Estas redes son las que posibilitan la adsorción de moléculas huéspedes por parte de las zeolitas. El factor que determina si una molécula puede o no ser adsorbida por una zeolita es el tamaño o apertura de poro hacia el interior. Todas las zeolitas son micro porosas, con un tamaño de poro del orden de Angstroms.

Las ventanas o poros hacia el interior forman así un tamiz molecular tridimensional, que confiere a las zeolitas unas áreas superficiales internas muy grandes que les hacen ser adsorbentes muy potentes de moléculas que sean lo suficientemente pequeñas para pasar a través de los poros hacia el interior de las cavidades. (Cortés, 2009)

8.6.5 Zeolita como Adsorbente

Las zeolitas que han perdido agua tienen estructuras porosas muy abiertas, con áreas superficiales internas muy extensas. Estas zeolitas deshidratadas tienen la capacidad de adsorber muchas otras sustancias en gran cantidad, aparte del agua que han perdido. El tamaño de las ventanas o poros el que determina qué clase de sustancias son las que van a poder ser adsorbidos por cada zeolita. Cada zeolita posee una capacidad de tamizado muy específica y selectiva, que se aprovecha para la separación, secado y purificación de sustancias.

Las zeolitas que son útiles como tamices moleculares no presentan un gran cambio estructural en su armazón a la hora de perder agua, pero los cationes permutan de posición.(Cortés, 2009)

8.6.6 Aplicación de zeolita.

Desde un punto de vista práctico al entorno, las zeolitas pueden adaptarse a una gran variedad de usos. En agricultura, podemos utilizar la zeolita como controlador de olores, reductoras de emisiones de vapores e incluso para mejorar los alimentos destinados al ganado. En Europa del este, Japón y Cuba las zeolitas se han usado tradicionalmente para estos fines. La NASA también las ha utilizado, pero en este caso como fertilizante.

Las zeolitas también pueden ser utilizadas para la purificación del agua en piscifactorías, pues la gran población de especies acuáticas en un espacio reducido deriva en una rápida contaminación del agua y un aumento de la concentración de sustancias tóxicas en ella. Las zeolitas pueden participar en varios pasos del proceso de purificación del agua como: un tamiz para eliminar iones no deseados o sólidos suspendidos en el agua, y por último, como un material de apoyo para las bacterias encargadas de purificar el agua. (Cortés, 2009)

8.7 Molécula Sieves (Tamiz molecular)

Los tamices moleculares han ocupado un importante lugar en el campo de la ciencia y tecnología. El término Tamiz molecular fue creado por McBain en 1932 para definir aquellos materiales sólidos porosos que tenían la propiedad de actuar como tamices a nivel molecular. Existe dos tipos de tamices moleculares: tamices con estructura desordenada. Como por ejemplo carbones activados, geles inorgánicos, etc., y tamices con estructura ordenada. Como es el caso de las zeolitas y zeotipos. (Franco Garrido, 1993)

Básicamente los tamices moleculares son materiales tales como ciertos tipos de zeolitas y aluminosilicatos. Los cuales forman túneles dentro de su red cristalina que pueden adsorber diferentes sustancias; el diámetro de estos túneles o pasajes (el cual depende de la composición de la estructura cristalina) determina el tamaño de las moléculas que pueden pasar a través de estos. Basado en lo anterior es posible afirmar que los tamices moleculares separan de acuerdo al tamaño de las moléculas, sin embargo también separan a través del fenómeno de la adsorción, de acuerdo a la polaridad de las especies involucradas y al grado de instauración. Industrialmente se encuentran cerca de nueve tipos de tamices moleculares, con diámetros nominales de poros que van desde 3 a 10 angstrom, la forma de estos va desde pellets hasta polvos.

Los tamices moleculares son comúnmente usados en la deshidratación de gases y líquidos, separación de mezclas líquidas o gaseosas de hidrocarburos y en un sin número de procesos:

por lo general los tamices son regenerados por calentamiento o desorción. (Díaz Argüelles, 2015)

8.8 Suelo y sus funciones básicas

El suelo es la capa superior de la corteza terrestre, la cual es el resultado de los efectos combinados del clima, organismos vivos, roca madre, relieve y tiempo; el medio edáfico puede considerarse un sistema abierto y dinámico, tanto en el tiempo como en el espacio, a través de del cual se produce y regulan diferentes flujos de materias y energías, la combinación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas permite el desarrollo de sus funciones básicas (Blum, 1990).

Funciones básica del suelo:

- El suelo es el medio físico donde se desarrolla toda la actividad en el medio terrestre, es decir, desarrolla una función de soporte.
- Se encuentra la función de medio histórico, ya que este contiene el registro de procesos pasados.
- El suelo ejerce de hábitat biológico y sirve de sustento para el crecimiento de numerosas especies.
- Es fuente de materias primas necesarias para la comunidad humana.
- Actúa como productor de biomasa.
- El medio edáfico presenta una función reguladora que influye en el intercambio de componentes entre la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera y la biosfera (Blum, 1990).

8.9 Suelos agrícolas en Cotopaxi

El suelo es la capa superior de la superficie terrestre que se constituye en soporte u sustento de la mayor parte de las actividades que acontecen en la tierra desde los inicios de la cultura el hombre el hombre ha identificado este elemento, junto con el fuego, aire y agua como base de nuestro sistema natural. Dentro de los ecosistemas, el suelo juega un papel importante por que interviene principalmente en el ciclo del agua y otros ciclos de los elementos presentes en el ambiente y en el suelo, tiene lugar gran parte de la transformación de la energía y de la materia de todos los ecosistemas (Flores Flores, 2017).

Se entiende que los suelos es un bien heterogéneo, finito y fijo y dependiendo por la ubicación unos suelos son más demandados que otros por las distintas actividades que se pueden realizar y a su vez tengan beneficios de rentabilidad (Lescano Román, 2016).

Desde un enfoque ambiental, el desarrollo rural aparece como justificativo principal de los altos niveles de investigación en los recursos naturales locales, y de alguna forma se ha validado el accionar de los campesinos e indígenas, que obligados por la falta de oportunidades acrecientan la extracción y sobre uso de los recursos principalmente de suelo, para lograr “cosechas” provocando deterioro ambiental. Se demuestra en forma reiterada que la pobreza y desnutrición crónica de la población rural de la provincia de Cotopaxi está en función directa de la agrícola, que se realiza en los suelos y ambientes no aptos para esta actividad, con resultados muy poco o nada rentables (Nieto C et al., 2017).

Por concluyente los territorios de las parroquias rurales se han visto presionados a transgredir el uso del suelo. Desde el año 1990 hasta el 2008, absolutamente todas las parroquias intervinieron en sus suelos para realizar actividades agrícolas unas vulnerando la aptitud natural de uso de los suelos. En el año 2014 la transgresión ya no solo se dio por la agricultura sino también por el uso del suelo en pasto, siendo así que se ha vulnerado la aptitud del suelo. A esto debemos también le debemos sumar que los agricultores debido a su necesidad se preocupan más por sus necesidades para mejorar sus ingresos que en la conservación de los suelos. Sin pensar en las consecuencias del deterioro de los suelos (Nieto C et al., 2017).

8.10 Proceso de isotermas de adsorción en suelos agrícolas

Los datos de adsorción de los suelos se representan comúnmente en isotermas de adsorción. En estas isotermas se representan la concentración de especie adsorbida, frente a la concentración en la disolución en equilibrio a una temperatura determinada. Las isotermas se pueden ajustar a diferentes modelos matemáticos (López et al., 2005).

9 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

¿El Análisis Bibliográfico permitirá generar guías, que ayudaran a entender los distintos tipos de metodología de Isotermas de Adsorción con zeolita, para analizar la recuperación de suelos agrícolas en la Provincia de Cotopaxi?

La elaboración de la guía bibliográfica de Isotermas de adsorción, proporciono las concernientes tácticas adecuadas para la determinación de la mejor metodología de isotermas

de adsorción en zeolita, por medio del análisis bibliográfico de las isothermas de adsorción en zeolita se pueda recuperar los suelos agrícolas de Cotopaxi.

10 METODOLOGÍAS

Dentro de la metodología se utilizó las siguientes:

10.1 Tipos de investigación

10.1.1 Investigación Bibliográfica

Se aplicó para el análisis de la información que se recopiló a lo largo de la investigación con ayuda de fuentes bibliográficas, facilitando de esta manera la fundamentación teórica que analizó el problema de investigación y que generó conocimientos requeridos para la elaboración del proyecto de investigación.

10.1.2 Investigación Descriptiva

Se utilizó este tipo de método para la obtención de conocimientos por medio de la descripción de los suelos agrícolas en la Provincia de Cotopaxi.

10.1.3 Método Inductivo

Este método permitió obtener conocimientos mediante la investigación de las Isothermas de adsorción y su aplicación para zeolitas mediante el análisis de metodologías, demostrando la mejor metodología para la recuperación de suelos agrícolas.

10.1.4 Método Lógico-Deductivo

Este método permitió generar un análisis, se observó elementos desconocidos los cuales se pudo enlazar con conocimientos ya de conocimiento sobre las isothermas de adsorción en zeolita para la recuperación de suelos.

10.1.5 Criterio de expertos

Para el análisis de las diferentes metodologías, se consideró la ayuda de los Ingenieros, Ing. José Andrade, Ing. Vladimir Ortiz, Ing. Oscar Daza, quienes cuentan con amplio conocimiento sobre las distintas metodologías de Isothermas de adsorción, quienes guiaron la investigación para analizar la mejor metodología para la implementación de Isothermas de adsorción en zeolita para la recuperación de los suelos agrícolas de Cotopaxi.

10.1.6 Determinación de isotermas de adsorción

La determinación de isoterma de adsorción nos permitió analizar los diferentes métodos que existen, permitiendo diferenciar las distintas metodologías de los distintos autores siendo así que se pudo analizar cuál es la metodología más adecuada para la recuperación de suelos agrícolas en Cotopaxi.

10.2 Técnicas

Para el presente proyecto se utilizó las siguientes técnicas

10.2.1 Técnica de Investigación Bibliográfica

Por medio de esta técnica se obtuvo información de material bibliográfico de acuerdo a la investigación elaborada. Dentro de la investigación fue muy importante este tipo de técnica, incluye información adecuada y confiable.

10.2.2 Observación Directa

Mediante la investigación en distintas fuentes bibliográficas en la presente investigación permitió realizar un análisis adecuado del problema de investigación.

10.2.3 Análisis de Datos

Esta técnica permitió sondear datos que se basaran como supuestos generando así una conclusión de la metodología más factible para la isoterma de adsorción en zeolita, con esto se pudo obtener una conclusión.

10.3 Instrumentos

10.3.1 Internet

Este instrumento permitió obtener navegación en la nube, lo cual ayudó a acceder a información teórica que ayudara a la investigación.

10.3.2 Computadora

Este instrumento ayudó para la navegación en la red y redactar el proyecto de investigación.

10.4 Diseño No Experimental

El presente trabajo de investigación no presenta diseño experimental. Ya que se elaboró una investigación de bibliográfica que ayudara a generar una guía metodológica para ayudar a la

recuperación de suelos por medio de isothermas de adsorción para reducir los niveles de contaminación.

11 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados del análisis bibliográfico de la investigación, los cuales permitirán definir la mejor metodología para isothermas de adsorción con zeolita para la recuperación de suelos agrícolas de Cotopaxi.

Dentro del campo agrícola se considera que el impacto al suelo siempre será de acuerdo a como los agricultores generen sus productos, siendo de esta manera el ejercicio productivo el que degrada el suelo, por lo cual existen distintos tipos de metodologías para ayudar a la regeneración de este tipo de suelos que se los usa para la agricultura.

Por ello, mientras más cantidad de productos mayor extensión de suelo se ocupara para la producción de los mismos, siendo así que mayor extensión de suelo agrícola se verán afectados como también se verá afectado el campo social, los suelos agrícolas generan productos de primera necesidad que crea un impacto también a la salud permitiendo así generar un mayor impacto los suelos contaminados.

El impacto que están atados en el uso de la agricultura es la contaminación de los mismos por metales pesados o distintos contaminantes ya sean físicos o químicos, también uno de los principales contaminantes es el agua que utilizan para el riego ya que estos en muchos casos no son analizados y permiten la contaminación por medio del agua de riego.

Siendo así que este tipo de contaminación puede causar un impacto ambiental y social. El manejar la producción de una manera viable se puede disminuir los niveles de contaminación en los productos, y el adecuado uso de los suelos proporcionara productos de calidad, permitiendo así tener un equilibrio en los usos de los suelos agrícolas.

11.1 Afección a los suelos agrícolas

Los suelos al ser usados para una actividad como la agricultura se produce un impacto en el recurso terrestre, ya que por medio de esta actividad los suelos se pueden contaminar con productos químicos o de manera natural, la contaminación de los suelos pueden ser químicos o físicos y esto implica en los suelos una degradación.

La contaminación del suelo puede producir grandes problemas ya que no solo afecta al ambiente, sino que, también afecta al ser humano, estos suelos son enteramente de uso agrícola para la producción de alimentos.

Los suelos pueden tener distintas maneras de contaminarse entre esos pueden ser contaminación por fertilizantes, pesticidas entre otros también los suelos se pueden contaminar por corrosión de objetos metálicos.

En Cotopaxi la agricultura no está sujeta a un control de calidad riguroso de los productos y por ende tampoco cuenta con un control de los suelos agrícolas permitiendo de esta manera que los productos que salen para el consumo humano no tenga una garantía de calidad.

Uno de los principales contaminantes que se encuentra en los suelos son los metales pesados estos se pueden generar de manera natural por actividades antropogénicas como por volcanes o desgaste de cerros y estos metales en una manera elevada produce daño a los suelos agrícolas.

11.2 Efectos en la Salud

Los efectos de consumir productos contaminados por los suelos, son que al consumirlos estos presentan distintas patologías como las intoxicaciones, por medio de esta se verá afectada la salud humana.

11.3 Análisis metodología de Langmuir

Este modelo de isoterma es simple ya que permite explicar procesos de adsorción en mono capa este tipo de metodología permite analizar quimisorción o fisisorción pero hay que tener en cuenta que este tipo de metodología es más utilizada para quimisorción ya que la quimisorción implica la formación de una mono capa.

La isoterma de Langmuir supone un modelo muy simple de la superficie del sólido, Para este tipo de metodología se utiliza hipótesis hay que tener en cuenta varios factores para ello se explicara una simulación.

11.3.1 Simulación de metodología de Langmuir

Para este tipo de procesos hay que resaltar que se utilizó cantidades experimentales que solo permitieron explicar de mejor manera la isoterma de adsorción, para ello el ejercicio se realizó en Excel.

Formulas:

Ecuación 1 Ecuación Langmuir (forma lineal)

$$x = C_o - C_e$$

C_o : *Concentración Inicial*

C_e : *Concentración de equilibrio*

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 2 Ecuación Langmuir (cantidad adsorbida)

$$q = \frac{x}{m}$$

x : *Masa de Adsorbato (contaminante) adsorbida*

m : *Masa del adsorbente*

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 3 Ecuación Langmuir (contaminante adsorbido)

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b} C + \frac{1}{kb}$$

q : *Cantidad adsorbida*

C : *Cantidad en el líquido (sin adsorber)*

k : *Fuerza de unión*

b : *Cantidad máxima adsorbida*

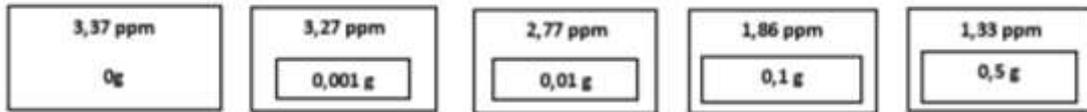
Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 4 Ecuación Langmuir (Datos)

Zeolita (g)	Ce del adsorbato en la solución (ppm,mg/kg)
0	3,37
0,001	3,27
0,01	2,77
0,1	1,86
0,5	1,33

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 5 Ecuación Langmuir (concentración)



Elaborado por Jeisson Landeta

En esta grafica de ecuación se graficó las concentraciones con los datos de la ecuación 4.

- La concentración que se puede observar en valores de ppm equivale a la concentración de contaminante.
- La concentración que se puede ver en g es la zeolita.

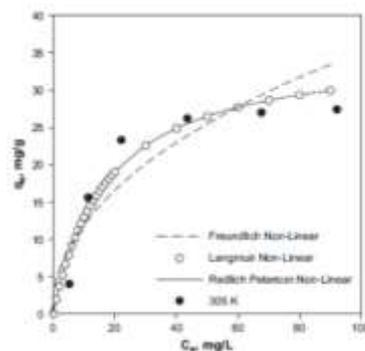
Para este ejemplo se analizó 5 distintos tipos tratamientos, los cuales tendrán distintas cantidades de adsorbato y adsorbente, que fueron variando de las concentraciones iniciales.

- Para ello se dejó un tiempo para que se adsorba, este tiempo se lo llama tiempo de equilibrio.
- Al llegar al equilibrio se midió nuevamente y se pudo observar las concentraciones van variando de acuerdo a la cantidad de adsorbato.

Para resolver se realizó lo siguiente:

Su tuvo que tener en cuenta principalmente la gráfica que nos da Langmuir como referencia de la isoterma de adsorción.

Ecuación 6 Ecuación Langmuir (grafica predeterminada de Langmuir)



Fuente: (Nagua Quezada, 2016)

Elaborado por Jeisson Landeta

En la ecuación 1 se observó, la ecuación que nos permite analizar la gráfica predeterminada por Langmuir, donde nos dice que el (eje **y**) tiene que ser C/q , y el (eje **x**) debe ser C para ello se calculó lo siguiente.

Se calculó primero $X = C_0 - C_e$

Se utilizó la concentración inicial que se encuentra en la ecuación 4 el valor inicial es 3.37 a esto se restó la concentración en el equilibrio que vendrá a ser (C_e del adsorbato en la solución (ppm, mg, kg) por lo cual dio los siguientes valores.

Ecuación 7 Ecuación Langmuir (valor de X)

$X = C_0 - C_e$
0
0,1
0,6
1,51
2,04

Elaborado por Jeisson Landeta

Con los valores de X , lo siguiente que se hizo es analizar el valor de q

Para lo cual se determinó lo siguiente: $q = x/m$

En este paso del procedimiento debimos tener en cuenta que el valor m que la ecuación pide para sacar el valor de q , fue el valor de la masa del adsorbente que es el valor m en este caso el de la zeolita.

Con esta consideración se realizó lo siguiente:

- Tener las mismas unidades en este caso tuvimos la unidad en miligramos.
- Tuvimos que a la masa del adsorbente, multiplicarlo por mil para que tengan las mismas unidades.
- El valor de $x/m * 1000$
- En el ejemplo nos dio el primer valor como error ya que dividimos entre cero.

Ecuación 8 Ecuación Langmuir (valor de q)

$q = x/m$

0,1
0,06
0,0151
0,00408

Elaborado por Jeisson Landeta

Para el siguiente paso analizamos (eje x) y (eje y)

En donde el (eje x) es la C inicial y el (eje y) es C/q, que vendría a ser la concentración inicial (eje x, y), concentración sobre la cantidad adsorbida.

- Para saber el valor de x se debió tener en cuenta que es el valor de equilibrio, sería nuestra masa del adsorbente en nuestro caso el valor de la zeolita.
- Para el valor C/q va ser igual al valor de la masa del adsorbente sobre el valor de q, que ya se encontró.
- En el ejemplo nos dio el primer valor como error ya que se dividió entre cero.

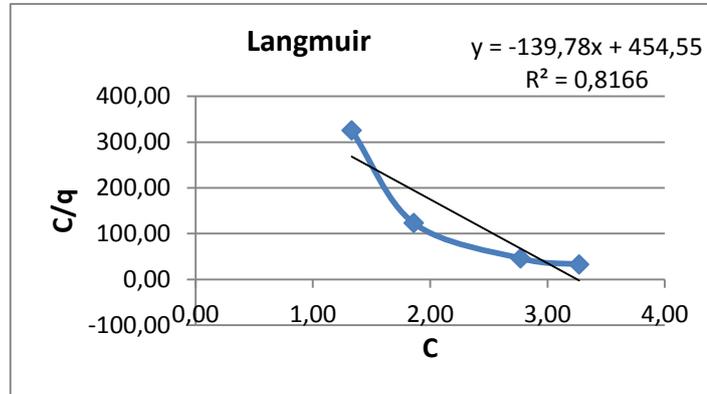
Ecuación 9 Ecuación Langmuir (valor de ejes)

Eje x	Eje y
C	C/q
3,37	-----
3,27	32,7
2,77	46,17
1,86	123,18
1,33	325,98

Elaborado por Jeisson Landeta

Ya con los datos que se obtuvieron, se pudo realizar la gráfica antes analizada de Langmuir, para graficar se utilizó el segundo valor hasta el último valor.

Ecuación 10 Ecuación Langmuir (grafica Langmuir)



Elaborado por Jeisson Landeta

Con estos valores se pudo observar cómo se correlacionan los valores, esto por medio de la R cuadrada. En la gráfica se logró apreciar que tan parecidos son los puntos a una línea recta. Mientras más parecido la R cuadrada a uno, quiere decir que más se parece a una línea recta, En esta tabla representa la ecuación como Y.

Ecuación lineal de Langmuir para lo cual se analizó la fórmula.

Ecuación 11 Ecuación Langmuir (forma lineal)

Forma lineal

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b} C + \frac{1}{kb}$$

Ec. de la recta

$$y = mx + b$$

Elaborado por Jeisson Landeta

En esta fórmula se realizó una analogía donde se deduce lo siguiente:

- C/q es el valor de y, este valor nos da la ecuación de la gráfica.
- m es la pendiente * x
- b es la ordenada

Ecuación 12 Ecuación Langmuir (formula de grafica de Langmuir)

$$y = -139,78x + 454,55$$

$$R^2 = 0,8166$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Esta ecuación se obtuvo de la gráfica, entonces con la analogía realizada quedo los siguientes valores:

$$\text{Pendiente} = -139,78$$

$$\text{Ordenada} = 454,55$$

Para analizar el valor de b, tuvimos que tener en cuenta la ecuación 11 donde se pudo deducir lo siguiente:

Ecuación 13 Ecuación Langmuir (valor de b)

$$\frac{1}{b} = -139,78$$

$$b = \frac{1}{-139,78}$$

$$b = -0,00715$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Se despejo b y se obtuvo el resultado.

El valor de k, se obtuvo de la ordenada, el termino k está dentro de la ecuación en la analogía de la ecuación 11. Por lo cual se dedujo lo siguiente:

Ecuación 14 Ecuación Langmuir (valor de k)

$$\frac{1}{kb} = 454,55$$

$$k = \frac{1}{(454,55)(-0.007154099)}$$

$$k = -0,3075$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Con estos valores se pudo analizar la gráfica de Langmuir la que nos permitió observar la correlación que tiene, en este tipo de grafica se ve que no es parecida a una línea recta no es muy buena ya que entre más se parezca el R cuadrado a uno quiere decir que más se parece a una línea recta. En este modelo nos hizo ver que todo se acumula en mono capas, después de formarse la mono capa la adsorción no aumento.

11.4 Análisis metodología de Freundlich

Este tipo de isoterma se la considera la isoterma que relaciona cuantitativamente, esta ecuación es empírica desarrollada principalmente para explicar observaciones experimentales sin valor teórico que sustente la ecuación.

Hay que tener en cuenta que la isoterma de Freundlich funciona mejor que la isoterma de Langmuir en un rango medio de presiones pero este tipo de isoterma falla a altas presiones y bajas temperaturas.

11.4.1 Simulación de metodología Freundlich

Para este tipo de procesos hay que resaltar que se utilizó cantidades experimentales que solo permitieron explicar de mejor manera la isoterma de adsorción, para ello el ejercicio se ha realizó en Excel.

Para este proceso utilizamos las mismas cantidades usadas para el proceso experimental de Langmuir.

Formulas:

Ecuación 15 Ecuación Freundlich (forma lineal)

$$\log q = \frac{1}{n} \log C + \log k_d$$

q: Cantidad adsorbida

C: Cantidad en el liquido(sin Adsorber)

k: Fuerza de Unión

b: Cantidad máxima adsorbida

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 16 Ecuación Freundlich (cantidad adsorbida)

$$q = \frac{x}{m}$$

x: masa del adsorbato (contaminante) adsorbida

m: Masa del adsorbente

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 17 Ecuación Freundlich (contaminante adsorbido)

$$x = C_o - C_e$$

C_o: Concentración inicial

C_e: Concentración de equilibrio

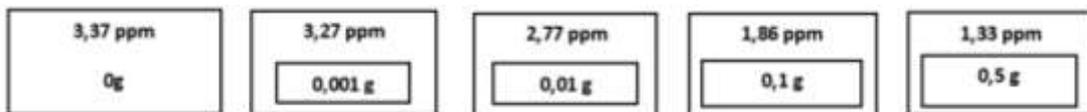
Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 18 Ecuación Freundlich (contaminante adsorbido)

Zeolita (g)	Ce del adsorbato en la solución (ppm,mg/kg)
0	3,37
0,001	3,27
0,01	2,77
0,1	1,86
0,5	1,33

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 19 Ecuación Freundlich (concentración)



Elaborado por Jeisson Landeta

En la gráfica de la ecuación 19 se pudo mostrar gráficamente las concentraciones con los datos de la ecuación 18.

- la concentración que se puede observar en ppm equivale a la concentración de contaminante.
- La concentración que se puede ver en g es la zeolita.

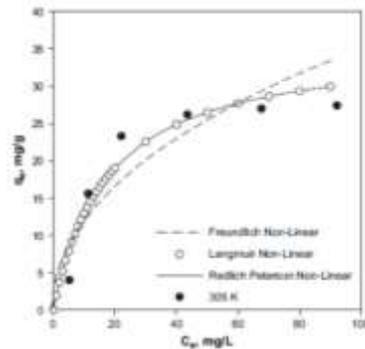
Para este ejemplo se analizó 5 distintos tratamientos, los cuales tuvieron distintas cantidades de adsorbato y adsorbente, que fueron variando de las concentraciones iniciales.

- Para ello se dejó un tiempo para que se adsorba, este tiempo se lo llama tiempo de equilibrio.
- Al llegar al equilibrio se midió nueva nuevamente y se pudo observar las concentraciones van variando de acuerdo a la cantidad de adsorbato.

Para resolver se realizó lo siguiente:

Tuvimos que tener principalmente la gráfica que nos da Freundlich como referencia de la isoterma de adsorción.

Ecuación 20 Ecuación Freundlich (grafica predeterminada de Freundlich)



Fuente (Nagua Quezada, 2016)

Elaborado por Jeisson Landeta

En la ecuación 15 se vio la ecuación que nos permite analizar la gráfica predeterminada por Freundlich, donde nos dice que el (eje **y**) tiene que ser $\log q$, y el (eje **x**) debe ser el $\log c$ para ello se calculó primero.

$$X = C_0 - C_e$$

Para ello se utilizó la concentración inicial que se encuentra en la ecuación 18 el valor inicial fue 3.37 a esto se restó la concentración en el equilibrio que vendrá a ser (C_e del adsorbato en la solución (ppm, mg, kg) para lo cual dio los siguientes valores.

Ecuación 21 Ecuación Freundlich (valor de x)

$$X = C_0 - C_e$$

0
0,1
0,6
1,51
2,04

Elaborado por Jeisson Landeta

Con ello se analizó el valor de q:

$$q = x/m$$

En este paso del procedimiento se debió tener en cuenta que el valor m que la ecuación pide para sacar el valor de q, dicho valor m, es el valor de la masa del adsorbente en este caso fue el de la zeolita.

Con esta consideración se realizó lo siguiente:

- Tuvimos que tener las mismas unidades en este caso tenemos la unidad en miligramos.
- Debimos a la masa del adsorbente, multiplicarlo por mil para que tengan las mismas unidades.
- El valor de $x/m * 1000$
- El primer valor dio como error ya que dividimos entre cero.

Ecuación 22 Ecuación Freundlich (valor de q)

$q = x/m$

0,1
0,06
0,0151
0,00408

Elaborado por Jeisson Landeta

Para el siguiente paso se analizó (eje x) y (eje y)

En donde el (eje x) es el log c inicial y el (eje y) es log q.

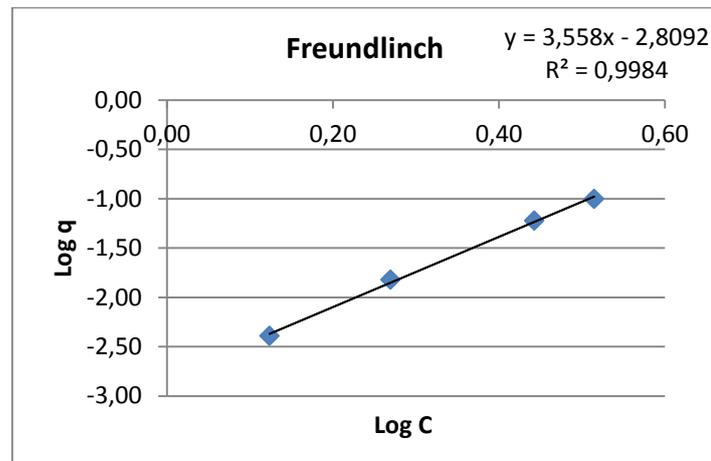
- Para saber el valor de log x, se debió considerar que este valor de equilibrio sería nuestra masa del adsorbente en este caso el valor de la zeolita.
- Para el valor log q va ser igual al valor de la masa del adsorbente sobre el valor de q que ya se ha obtenido.
- El primer valor da como error ya que dividimos entre cero.

Ecuación 23 Ecuación Freundlich (valor de q)

Eje x	Eje y
Log C	Log q
0,53	-----
0,51	-1
0,44	-1,22
0,27	-1,82
0,12	-2,39

Elaborado por Jeisson Landeta

Ya con estos datos se procedió a realizar la gráfica para analizar con la gráfica establecida de Freundlich, para estos datos se utilizó del segundo valor hasta el último para graficarla.

Ecuación 24 Ecuación Freundlich (grafica de Freundlich)

Elaborado por Jeisson Landeta

Ya con estos valores se pudo observar cómo se correlacionan los valores, como se puede ver esto por medio de la R cuadrada. Por medio de esta pudimos analizar qué tan parecidos son los puntos a una línea recta. Mientras más parecido la R cuadrada a uno quiere decir que más se parece a una línea recta, En esta tabla nos representó la ecuación como Y.

Se realizó la ecuación lineal de Freundlich para lo cual se analizó la formula.

Ecuación 25 Ecuación Freundlich (forma lineal)**Forma lineal**

$$\log q = \frac{1}{n} \log C + \log K_d$$

Ec. de la recta

$$y = mx + b$$

Elaborado por Jeisson Landeta

A esta fórmula se realizó una analogía donde se dedujo lo siguiente:

- Log q es el valor de y este valor da la ecuación de la gráfica.
- m es la pendiente * x
- b es la ordenada

Ecuación 26 Ecuación Freundlich (forma lineal)

$$y = 3,558x - 2,8092$$

$$R^2 = 0,9984$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Esta ecuación se obtuvo de la gráfica entonces con la analogía se dedujo lo siguiente:

$$\text{Pendiente} = 3,558$$

$$\text{Ordenada} = -2,8092$$

De aquí se analizó el valor de n, Para esto debimos tener en cuenta que n es la pendiente:

Ecuación 27 Ecuación Freundlich (valor de n)

$$\frac{1}{n} = 3,558$$

$$n = \frac{1}{3,558}$$

$$n = 0,2811$$

Elaborado por Jeisson Landeta

En este proceso se despejo n y se obtuvo el resultado.

El valor de kd, lo tuvimos en la ordenada el termino kd está dentro de la ecuación de la analogía. Por lo cual se realizó lo siguiente:

Ecuación 28 Ecuación Freundlich (valor de kd)

$$\log k_d = -2,8092$$

$$k_d = 10^{-2,8092}$$

$$k_d = 0,00115$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Con el proceso que se finalizó se pudo analizar que la isoterma de Freundlich posee una correlación de los datos y se acercan mucho a una línea recta de acuerdo al valor de R cuadrado, pero hay que tener en cuenta que este tipo de isoterma es empírica. Y que su diseño fue realizado para analizar observaciones experimentales.

11.5 Análisis metodología Brunauer, Emmett, Teller (BET)

Este tipo de isoterma nos permite tener varias mono capas esto quiere decir que en la adsorción va ocurrir en exceso, este método es ampliamente utilizado para la estimación del área superficial.

11.5.1 Simulación de metodología Brunauer, Emmett, Teller (BET)

Para este tipo de procesos hay que resaltar que se utilizó cantidades experimentales que solo permitieron explicar de mejor manera la isoterma de adsorción, para ello el ejercicio se realizó en Excel.

Formulas:

Ecuación 29 Ecuación BET (Ecuación BET)

$$q_a = \frac{q_m C_p}{(p^o - p)(1 + (C - 1)p/p^o)}$$

q_a : Cantidad de gas adsorbido

q_m : Cantidad de gas necesario para producir monocapas

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 30 Ecuación BET (Ecuación Lineal)

$$\frac{p}{q_a(p^o - p)} = \frac{1}{qmc} + \frac{c - 1}{qmc} \frac{p}{p^o}$$

p : Presión relativa absoluta

c : Constante asociada con energía de adsorción

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 31 Ecuación BET (pendiente y ordenada)

$$\frac{c-1}{qmc} \text{ pendiente}$$

$$\frac{1}{qmc} \text{ ordenada}$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Ecuación 32 Ecuación BET (Datos)

P/Po (mmHg)	Qa (cm ³)
0	2,1
0,001	1,7
0,01	3,4
0,1	4,2
0,5	4,8

Elaborado por Jeisson Landeta

En el ejercicio se tuvo una P_o (presión inicial) de 103.24 mmHg la cual permitió generar la isoterma.

Para poder graficarla se debió primero conocer el valor de P, este se lo analizó de la siguiente manera:

- Se despejo de la columna de datos que nos da P/Po.
- Los valores de P/Po de los datos, se multiplico por P_o (presión inicial) que en este caso es 103.24 mmHg.
- Lo cual dio los siguientes valores.

Ecuación 33 Ecuación BET (valor de P)

P
0
0.10324
1.0324
10.324
51.62

Elaborado por Jeisson Landeta

Con los dato obtenidos se procedió a tener los valores para los (ejes x, y) los cuales permitieron graficar la isoterma.

El eje Y se lo analizó de la siguiente manera:

- $Y(P/q(P_0-P))$
- Lo cual dio los siguientes datos.

Ecuación 34 Ecuación BET (eje de la y)

$(P/q(P_0-P))$
0.0000
0.0006
0.0029
0.0244
0.1163

Elaborado por Jeisson Landeta

El eje X se analizó de la siguiente manera:

- (P/P_0)
- Lo cual dio los siguientes valores

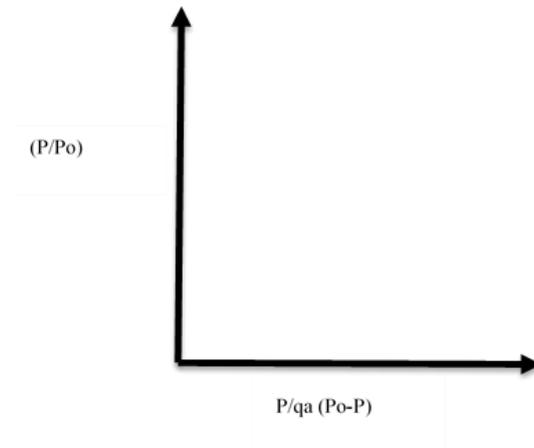
Ecuación 35 Ecuación BET (eje de la x)

(P/P_0)
0.00
0.00
0.0
0.1
0.5

Elaborado por Jeisson Landeta

Con esto se analizó la gráfica que ayudo a analizar los datos para graficar:

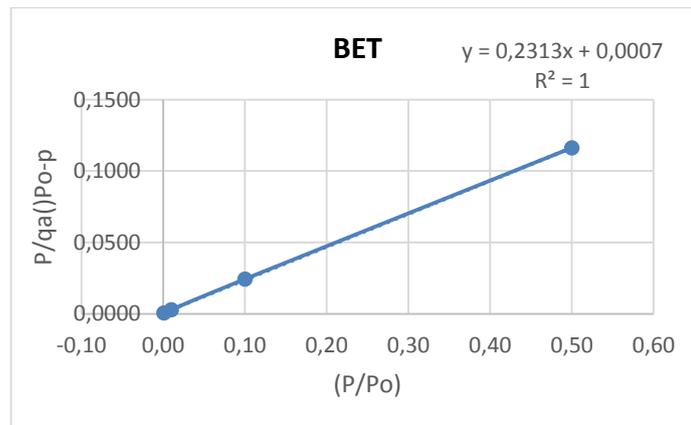
Ecuación 36 Ecuación BET (grafica establecida)



Elaborado por Jeisson Landeta

Con la gráfica propuesta analizada, se realizó la gráfica:

Ecuación 37 Ecuación BET (grafica)



Elaborado por Jeisson Landeta

La gráfica permitió obtener la ecuación de la gráfica y el R cuadrado que nos ayudó para realizar los siguientes análisis.

Con ello se analizó la ecuación lineal de BET.

Ecuación 38 Ecuación BET (análisis ecuación lineal)

Forma lineal

$$\frac{p}{q_a(p^0-p)} = \frac{1}{qmc} + \frac{c-1}{qmc} \frac{p}{p^0}$$

Ec. de la recta

$$y = a + bx$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Se analizó la ecuación lineal que permitió obtener la pendiente y ordenada para realizar lo siguiente:

Ecuación 39 Ecuación BET (ecuaciones)

$$a = \frac{1}{qmc} = 0,0007$$

$$b = \frac{c-1}{qmc} = 0,2313$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Con las ecuaciones de pendiente y ordenada se realizó una sustitución de ecuaciones:

Ecuación 40 Ecuación BET (sustitución de ecuaciones)

$$qm = \frac{1}{0,0007 * c}$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Con ello se sustituyó la ecuación.

Ecuación 41 Ecuación BET (sustitución de ecuación 2)

$$\frac{c-1}{\frac{1}{0,0007 * c}} = 0,2313$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Se multiplico la ecuación:

Ecuación 42 Ecuación BET (reducción)

$$\frac{\frac{c-1}{c}}{0,0007c} = 0,2313$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Se multiplico medios con medios y extremos con extremos:

Ecuación 43 Ecuación BET (multiplicación)

$$\frac{\frac{c-1}{c}}{0,0007c} = \frac{(c-1)(0,0007)}{c} = 0,2313$$

Elaborado por Jeisson Landeta

En este punto se resolvió con algebra lo cual dio los siguientes valores:

Ecuación 44 Ecuación BET (ejecución)

$$0,2313c = (c-1)(0,0007c)$$

$$0,2313c = 0,0007c^2 - 0,0007c$$

$$0,22313c + 0,0007c = 0,0007c^2$$

$$0,232 = \frac{0,0007c^2}{c}$$

$$0,232 = 0,0007c$$

$$c = 331,42$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Ya que identificamos el valor de C, se procede a identificar el valor qm:

Para este paso se debió tener en cuenta la analogía de la ecuación de BET.

Ecuación 45 Ecuación BET (valor qm.)

$$\frac{1}{qmc} = 0,0007$$

$$\frac{1}{331,42 * 0,0007} = qm$$

$$qm = \frac{1}{0,2319} = 4,3122 \text{ cm}^3$$

Elaborado por Jeisson Landeta

Ya con esto pudimos tener la Isoterma de BET, la cual se analizó primero su gráfico que permitió observar que este tipo de isoterma al ser de multicapas nos dio valores en R cuadrado iguales a uno, teniendo en cuenta en isotermas es el valor indicado ya que se ajusta a una línea recta por lo tanto se ajusta a la Isoterma de BET y a las condiciones que maneja la ecuación.

En los resultados que se dieron debemos tener en cuenta que la mono capa quiere decir que solamente se puede adsorber una capa del contaminante alrededor del adsorbente una vez que se realiza el proceso de la mono capa se adsorbe y se satura, por lo cual no permite más adsorción, al contrario de una de multicapa que esta permite tener varias mono capas esto quiere decir que la adsorción va a ser en exceso de la capacidad que se tenga de adsorción.

Dentro de este tipo de análisis que se realizó de las isotermas de adsorción podemos decir que hay distintos tipos de isotermas pero hay que tener en cuenta que no todas ayudan a la acción que deseamos, si bien las isotermas permiten ver la adsorción por medio de adsorbentes no todas permiten llegar a un fin, en el caso de la isoterma de Freundlich se pudo observar que se acercaba su R cuadrada mucho a uno pero esta isoterma no cuenta con sustento científico ya que su principal función para que fue creada es desarrollar ecuaciones empíricas, principalmente para explicar observaciones experimentales sin valor teórico que sustente la ecuación. En el caso de Langmuir este tipo de isoterma ya tiene una base que sustenta sus valores pero este tipo de isoterma es más usada para quimisorción y esta Isoterma funciona en mono capa este modelo es simple y ayuda a entender lo que busca la isoterma dentro de su gráfica si bien este modelo no permitió llegar a un valor cercano a uno en la R cuadrada ayudo a entender que este tipo de isoterma al ser mono capa una vez que adsorbe su límite no permite seguir adsorbiendo ya que esta tiene un límite al cual llega, la isoterma de BET es una de las isotermas que permite la adsorción en multicapas esto ayuda que su adsorción sea muy buena hay que tener en cuenta que en la teoría de la investigación nos manifiestan que este tipo de Isoterma funcionan muy bien con Zeolita y esto permite determinar áreas específicas en nuestro diseño con datos experimentales nos permitió observar su gráfica que es perfecta su R cuadrada permitiendo así acoplarse dentro de la base teórica de BET.

11.6 Importancia de la Aplicación en los suelos de Cotopaxi

En Cotopaxi el uso actual de los suelos va cada vez creciendo en el campo agrícola:

Tabla 3 Crecimiento de la agricultura

Unidad de uso	1979 %	1991 %	2004 %
Espacios agropecuarios	36.8	46.4	57.4

Elaborado por Jeisson Landeta

Fuente: (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi, 2015)

Esta tabla nos permite ver cómo va creciendo año tras año la agricultura en la provincia de Cotopaxi por lo cual es importante tener en cuenta que la agricultura es una de las principales actividades económicas, por ello es importante considerar que los suelos de la provincia de Cotopaxi pueden tener contaminación de arsénico (As) ya que este se presenta por factores geológicos. Es importante tener en cuenta la adsorción de BET permite por medio de la zeolita adsorber estos contaminantes ya sean físicos o químicos.

En la isoterma realizada permitió observar que este tipo de isoterma BET ayuda a la adsorción de contaminantes como el arsénico permitiendo así descontaminar el recurso suelo y mejorar la calidad no solo de los productos agrícolas sino también de los suelos.

En este caso debemos tener en cuenta varios factores de los suelos agrícolas de Cotopaxi entre los que debemos analizar qué tipo de contaminante tenemos y con qué adsorbente trabajaremos para la recuperación de suelos, en el Ecuador existe una normativa llamada Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental vigente que permite realizar el debido análisis con los límites máximos permisibles que deben tener los suelos el Acuerdo ministerial 097 manifiesta que los suelos agrícolas poseen límites máximos permisibles en As es de 12 mg/hg como su máximo y manifiesta que en una cantidad de 5 mg/hg se la considera como un suelo de calidad.

11.7 Comparación de resultados

Tabla 4 Comparación de resultados

Isoterma	Capacidad de adsorción del arsénico	Cantidad máxima adsorbida de arsénico	Valores de R cuadrado
Langmuir	-0,3075	-0,00715	0.8166
Freundlich	0.00155	0.2811	0.9984
BET	331,42	4.3122	1

Elaborado por Jeisson Landeta

En nuestros tres tipos de isotermas se trabajó con el arsénico como contaminante de los suelos en este cabe recalcar que se realizó con cantidades de simulación.

Por medio de esta tabla podemos analizar los datos más importantes que nos dieron las distintas isotermas de adsorción, siendo así que podemos comparar cada uno de estos resultados observando que los mejores resultados tanto en capacidad de adsorción como cantidad máxima adsorbida se obtuvieron con la isoterma de BET. Estos resultados permiten ver cuanta adsorción genera el adsorbente.

Por medio de este análisis se puede tomar en cuenta que este tipo de metodología permite la recuperación de suelos agrícolas por medio de la adsorción, limpiando así los suelos agrícolas de una manera práctica absorbiendo los contaminantes.

12 IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES O ECONÓMICOS

12.1 Impacto Ambiental

Este proyecto aportara en el área ambiental, ya que permitió generar la mejor metodología para la recuperación del factor suelo, identificando los impactos que genera la agricultura cuando los suelos no son correctamente tratados, impactos ambientales negativos: una de las principales son las alteraciones a los suelos entre esta tenemos las erosiones al suelo, está asociada a distintas problemáticas entre ellas la pérdida de fertilidad. La contaminación a los suelos es de

conocimiento que las sustancias perjudiciales, nocivas se empiecen a filtrar en los suelos permitiendo así contaminar las aguas subterráneas. Siendo así que eso afecta a los distintos sistemas tanto ambientales sociales e incluso a la salud del ser humana.

12.2 Impacto Social

Dentro de este impacto es primordial resaltar la correlación en el campo de la salud ya que al ser suelos de producción agrícola al no tener normas de control estrictas para la comercialización sacan productos que pueden estar contaminados con distintos contaminantes y esto afecta a las salud del consumidor, que con el tiempo este tipo de contaminantes afecta a la sociedad en su mortalidad, por ello se elaboró este tipo de guía que permita ayudar para la recuperación de suelos agrícolas en Cotopaxi.

13 PRESUPUESTO

El proyecto fue autofinanciado por el investigador.

Tabla 5 Presupuesto del proyecto

RECURSOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
HUMANO	Investigador	2	50	\$ 100
	Tutor			
TECNOLÓGICO	Internet	120 horas	\$ 120	\$ 120
	Computador	1	\$ 200	\$ 200
OFICINA	Papel	3 resmas	\$ 5	\$ 15
	Impresiones	300	\$ 0.05 ctvs.	\$ 15
OTROS	Alimentación	3	\$ 10	\$ 30
	Transporte	15	\$ 3	\$ 45
			SUB TOTAL	\$ 425
			10 %	\$ 42.50
			IMPREVISTOS	
			TOTAL	\$ 467.75

Elaborado por Jeisson Landeta

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Se pudo recabar información adecuada con el fin de analizar la información para nuestra investigación, de distintas metodologías de Isotermas de Adsorción para analizar la adecuada isoterma para la recuperación de suelos agrícolas en Cotopaxi.
- La actualidad de Cotopaxi es que no cuenta con un sistema interno estricto para la comercialización de productos agropecuarios, es importante que los suelos agrícolas de Cotopaxi por lo menos se tenga un registro anual de análisis de suelos que permita tanto al agricultor como consumidor generar confianza en los productos locales.
- Se pudo identificar la mejor metodología para generar adsorción en los suelos agrícolas, esta metodología es la de BET aunque más compleja pero que permite adsorber en multicapas ayudando así a adsorber los contaminantes de los suelos agrícolas permitiendo así por medio de este proceso ayudar a que los suelos permanezcan de una mejor manera.

14.2 Recomendaciones

- Se propone hacer seguimiento a la actividad agropecuaria ya que al ser una de las principales actividades en Cotopaxi se debería tener registro de análisis de suelos que permita verificar el estado de los suelos agrícolas de Cotopaxi.
- El análisis de investigación puede contribuir para mejorar los suelos agrícolas de Cotopaxi, permitiendo así minimizar los impactos que se generan al recurso suelo.
- Generar leyes que regulen la actividad económica agropecuaria que permita tanto a la provincia como al agricultor tener productos de calidad y sobre todo mantener los Recursos Ambientales en un buen estado generando así un equilibrio entre naturaleza y humano.

15 REFERENCIAS

- Álvarez Benedí, J., Bolado Rodríguez, S., Cancillo Carro, I., & Calvo Revuelta, C. (2003). DINÁMICA DE ADSORCIÓN – DESORCIÓN DE ARSÉNICO (V) EN SUELOS DE CULTIVO EN CASTILLA Y LEÓN. *Estudios de La Zona No Saturada Del Suelo*, 6(6), 332.
- Alvarez Caiza, A. M. (2019). REMOIÓN DE CROMO VI DE LOS EFLUENTES DE LAS CURTIEMBRES USANDO ZEOLITA. *Universidad de Las Fuerzas Armadas (ESPE)*, 0(0), 2019.
- Blum, W. (1990). *The challenge of soil protection in Europe-Environmental Conservation*.
- Chica Toro, F. de J., Benítez Londoño, L. M., & Herrera Álvarez, M. I. (2006). La zeolita en la mitigación ambiental. *REVISTA LASALLISTA DE INVESTIGACIÓN*, 3(3), 31–32.
- Cortés, A. C. (2009). La Importancia De Las Zeolitas. *Universidad de Salamanca*, 1, 211–227.
- Díaz Arguelles, J. C. (2015). *TAMICES MOLECULARES: EXPLORACION PARA LA SINTESIS Y SEPARACION DE UNA MESCLA ETANOL - AGUA*. 9, 31.
- Díaz Checa, D. A. (2015). Desarrollo y caracterización de compósitos de carbón activado-vidrio para la recuperación de oro. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*, 0(0), 14.
- Flores Flores, M. J. (2017). ” EVALUACIÓN Y CONSIDERACIÓN DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN EN EL USO RACIONAL DE LAS TIERRAS AGRÍCOLAS EN LA PROVINCIA DE COTOPAXI, CANTÓN LATACUNGA, PARROQUIA ALÁQUEZ”. *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL*, 0(0), 27.
- Franco Garrido, M. J. (1993). SINTESIS DE TAMICES MOLECULARES DE PORO GRANDE: ZEOLITAS Y ZEOTIPOS. *UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID Facultad de Ciencias Químicas Departamento de Química Inorgánica*, 5/93.
- Gelves Diaz, F. J. (2017). Zeolitas naturales colombianas de la formación Combia, municipio de La Pintada: mineralogía, caracterización y aplicaciones. *Universidad Nacional de Colombia*, 20.
- Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Cotopaxi. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025. *Actualización Del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de Cotopaxi*, 13.
- INEC. (2010). Fascículo provincial Cotopaxi. *Censo de Población y Vivienda*, 8.
- Jáuregui Figueroa, L., Ibáñez Castillo, A., Arteaga Ramírez, R., Arellano Monterrosas, L., & Vázquez Peña, M. (2011). CAMBIO DE USO DE SUELO EN LA CUENCA DE SAN CRISTÓBAL DE LAS CASAS, MÉXICO. *AGROCIENCIA*, 45(45), 532.
- Lescano Román, M. B. (2016). ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE LA APTITUD NATURAL DE USO DE LOS SUELOS EN LA POBREZA Y DESNUTRICIÓN DE LA POBLACIÓN DE LAS PARROQUIAS RURALES DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI”. *PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR*, 0(0), 38.

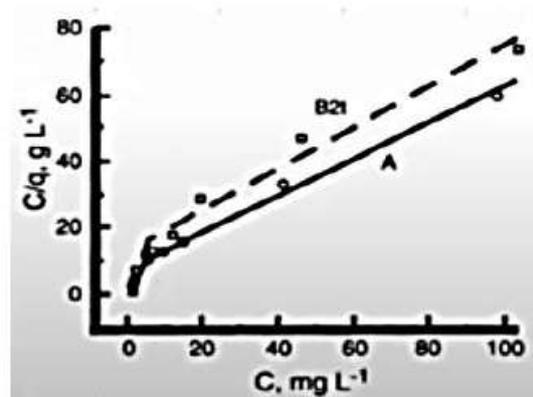
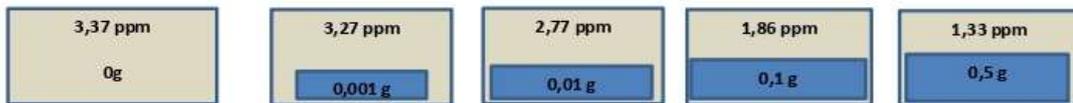
- López, M., Álvarez, M. ., & Fernandez, M. (2005). *Adsorción Y Desorción De Potasio En Suelos De Galicia (España) Desarrollados Sobre Distintos Materiales De Partida*. 12(3).
- Marco Brown, L. J. (2011). Adsorción de picloram sobre minerales arcillosos. *Biblioteca Digital*, 0(0), 13.
- Nagua Quezada, D. A. (2016). Optimización de la adsorción/desorción de compuestos fenólicos en resinas macroporosas. *Universidad Particular de Loja*, 9.
- Nieto C, C., Lescano R, M. B., & Mejía S., M. (2017). Influencia de la aptitud natural de uso del suelo en la pobreza y desnutrición de la población rural en la provincia de Cotopaxi, Sierra Centro del Ecuador. *Siembra*, 4(1), 1–20.
- Núñez, A. (2009). Turba y zeolita como soportes de inoculares microbianos con acción fertilizante. *Icidca*, 43(3), 22–27.
- Parra Soto, J. (2013). Materiales en Adsorción y Catálisis. *Revista Del Grupo Especializado de Adsorción de La RSEQ*, 6(0), 6.
- Pillajo Chacua, V. D. (2010). EFECTO DE CUATRO NIVELES DE ZEOLITA COMO FERTILIZANTE EN DOS VARIEDADES DE ROSAS (CODIGO 008 Y HIGH PEACH) EN EL CANTÓN PEDRO MONCAYO. *Universidad Tecnica Del Norte*, 27.
- Poggi Varaldo, H. M., Rinderknecht Seijas, N., & Caffarel Méndez, S. (2002). Irreversibilidad en el comportamiento adsoritivo-desoritivo de contaminantes en suelos y sedimentos: Evaluación cuantitativa por medio de un coeficiente de histéresis diferencial. *Interciencia*, 27(4), 180–185.
- Ruiz Hidalgo, J. (2011). Estructura Química De Las Zeolitas Así Como Sus Aplicaciones Industriales. *Innovación y Experiencias Educativas.*, 6, 2.
- Sanchez, M., & Sanchez Camazano, M. (1984). los plaguicidas. adsorción y evolución en el suelo. *INSTITUTO DE RECURSOS NATURALES Y AGROBIOLOGÍA*, 1(1), 31.
- Ureña Gómez, D. (2017). *Diseño de un sistema de adsorción para la eliminación de contaminantes emergentes presentes en disoluciones*. 13–14.

ANEXOS

Anexo No.1. Ecuación Langmuir

Datos				eje x	eje y
Zeolita (g)	C_o del adsorbato en la solución (ppm,mg/kg)	$x = C_o - C_e$	$q = x/m$	C	C/q
0	3,37	0,00	#!DIV/0!	3,37	#!DIV/0!
0,001	3,27	0,10	0,10	3,27	32,70
0,01	2,77	0,60	0,06	2,77	46,17
0,1	1,86	1,51	0,02	1,86	123,18
0,5	1,33	2,04	0,00	1,33	325,98

EXPERIMENTO: Adsorción en zeolita
concentración inicial para todos es de 3.37 ppm del contaminante (adsorbato)



Donde:

q : Cantidad adsorbida
 C : Cantidad en el líquido (sin adsorber)
 k : Fuerza de unión
 b : Cantidad máxima adsorbida

Donde:

x : Masa del adsorbato (contaminante) adsorbida
 m : Masa del adsorbente

Donde:

C_o : Concentración Inicial
 C_e : Concentración de Equilibrio

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b} C + \frac{1}{kb}$$

$$q = \frac{x}{m}$$

$$x = C_o - C_e$$

$$y = -139,78x + 454,55$$

Pendiente (m) = -139,78
 Ordenada (b) = 454,55

cuanto vale b

$$\frac{1}{b} = -139,78$$

$$b = \frac{1}{-139,78} =$$

$$b = -0,00715$$

Cuanto vale k

$$\frac{1}{kb} = 454,55$$

$$k = \frac{1}{(454,55)(-0,007154099)}$$

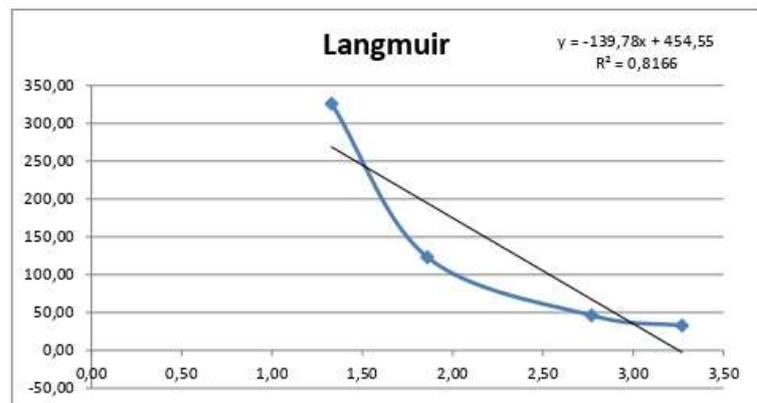
$$k = -0,3075$$

Forma lineal

$$\frac{C}{q} = \frac{1}{b} C + \frac{1}{kb}$$

Ec. de la recta

$$y = mx + b$$

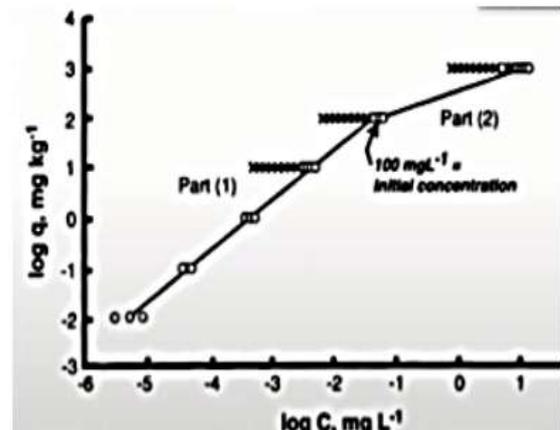
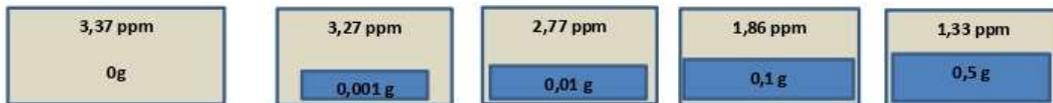


Anexo No.2. Ecuación Freundlich

Ejercicio de adsorción
Isotermo de Langmuir

Datos				eje x	eje y
Zeolita (g)	C_o del adsorbato en la solución (ppm,mg/kg)	$x = C_o - C_e$	$q = x/m$	log c	log q
0	3,37	0	#!DIV!0!	0,53	#!DIV!0!
0,001	3,27	0,1	0,1	0,51	-1,00
0,01	2,77	0,6	0,06	0,44	-1,22
0,1	1,86	1,51	0,0151	0,27	-1,82
0,5	1,33	2,04	0,00408	0,12	-2,39

EXPERIMENTO: Adsorción en zeolita
concentración inicial para todos es de 3.37 ppm del contaminante (adsorbato)



Donde:

q : Cantidad adsorbida
 C : Cantidad en el líquido (sin adsorber)
 k : Fuerza de unión
 b : Cantidad máxima adsorbida

Donde:

x : Masa del adsorbato (contaminante) adsorbida
 m : Masa del adsorbente

Donde:

C_o : Concentración Inicial
 C_e : Concentración de Equilibrio

$$\log q = \frac{1}{n} \log C + \log K_d$$

$$q = \frac{x}{m}$$

$$x = C_o - C_e$$

$$y = 3,558x - 2,8092$$

Pendiente (m) = 3,558
 Ordenada (b) = -2,8092

cuanto vale n

$$\frac{1}{n} = 3,558$$

$$n = \frac{1}{3,558} =$$

b = 0,2811

Cuanto vale k

$$\log K_d = -2,8092$$

$$k_d = 10^{-2,8092}$$

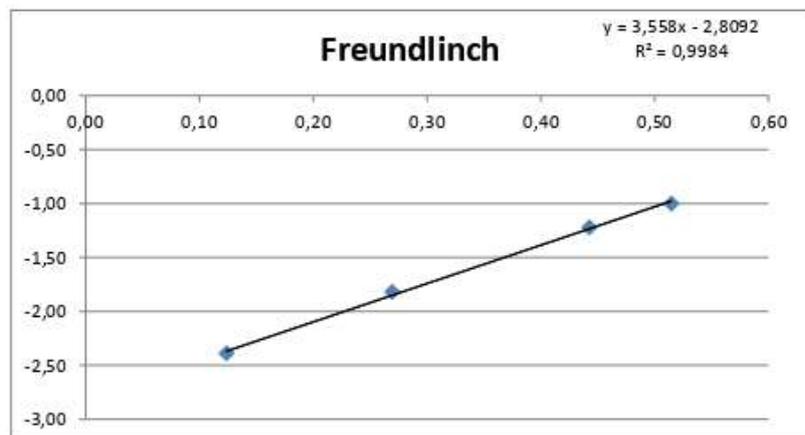
K = 0,00155

Forma lineal

$$\log q = \frac{1}{n} \log C + \log K_d$$

Ec. de la recta

$$y = mx + b$$



Anexo No.3. Ecuación BET

sustitución de ecuaciones

$$qm = \frac{1}{0,0007 + C}$$

sustituiremos qm en la ecuación 2

$$\frac{C-1}{\frac{1}{0,0007+C} + C} = 0,2313$$

multiplicamos la parte de abajo para reducir

$$\frac{C-1}{C} = 0,2313$$

multiplicamos medios con medios y extremos con extremos

$$\frac{C-1}{C} = \frac{(C-1)(0,0007)}{C} = 0,2313$$

resolvemos

$$0,2313C = (C-1)(0,0007C)$$

$$0,2313C = 0,0007C^2 - 0,0007C$$

$$0,2313C + 0,0007C = 0,0007C^2$$

$$0,232 = \frac{0,0007C^2}{C}$$

$$0,232 = 0,0007C$$

$$\frac{0,232}{0,0007} = C$$

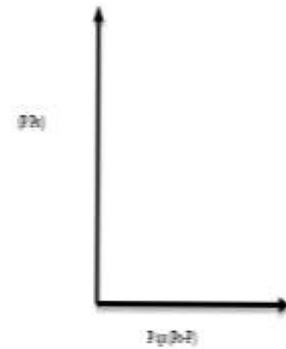
$$C = 331,42$$

Cuanto vale qm

$$\frac{1}{qmC} = 0,0007$$

$$\frac{1}{331,42 + 0,0007} = qm$$

$$qm = \frac{1}{0,2319} = 4,3122 \text{ cm}^3$$



Ejercicio de adsorción
Isoterma de Langmuir

Datos		P	eje x	eje y
P/Po (mmHg)	qa(cm ³)		(P/Po)	P/qa(Po-P)
0	2.1	0	0,00	0,0000
0,001	1,7	0,10324	0,00	0,0006
0,01	3,4	1,0324	0,0	0,0029
0,1	4,2	10,324	0,1	0,0244
0,5	4,8	51,62	0,5	0,1163

$$q_a = \frac{q_m c p}{(p^0 - p) [1 + (C - 1)p/p^0]}$$

q_a : cantidad de gas adsorbido
 q_m : cantidad de gas necesaria para producir

EXPERIMENTO: Adsorción en zeolita
 $p_0 = 105.24 \text{ mmHg}$

$$\frac{p}{q_a(p^0 - p)} = \frac{1}{q_m C} + \frac{C - 1}{q_m C} \frac{p}{p^0}$$

p : presión relativa absoluta
 c : constante asociada con energía de adsorción

$\frac{C - 1}{q_m C}$ Pendiente

$\frac{1}{q_m C}$ Ordenada

$$y = 0,2313x + 0,0007$$

Pendiente (b) = 0,2313
Ordenada (a) = 0,0007

ecuaciones

$$a = \frac{1}{q_m C} = 0,0007$$

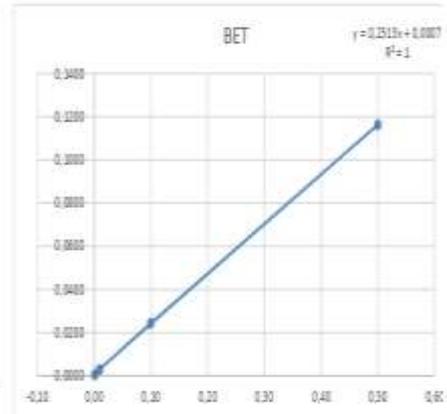
$$b = \frac{C - 1}{q_m C} = 0,2313$$

Forma lineal

$$\frac{p}{q_a(p^0 - p)} = \frac{1}{q_m C} + \frac{C - 1}{q_m C} \frac{p}{p^0}$$

Ec. de la recta

$$y = a + bx$$



Anexo No.4. Aval de traductor



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 Señor Egresado **LANDETA TAPIA JEISSON JAVIER** de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**, cuyo título versa **"ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO DE TIPOS DE ISOTERMAS DE ADSORCIÓN FREUNDLICH, LANGMUIR Y BRUNAUER, EMMETT, TELLER EN ZEOLITA PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PROVINCIA DE COTOPAXI EN EL PERIODO 2020"**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020.

Atentamente,

Mg. Pacheco Pruna Edison Marcelo
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502617350



CENTRO
DE IDIOMAS