



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA INGENIERIA EN MEDIO AMBIENTE

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“EVALUACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN DE (As) y (Cd), EN CULTIVOS DE *LACTUCA SATIVA* Y *DAUCUS CAROTA*, EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020”

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

Autores:

Alvarez Agama Carla Estefania

Tutor:

Mg. Lozano Hernández Cristian Javier

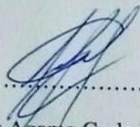
Latacunga - Ecuador

Febrero- 2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

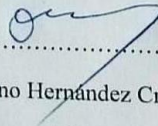
Yo Alvarez Agama Carla Estefania, con C.C. 050361353-1 declaro ser autora del presente proyecto de investigación: **"Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020"**, siendo el Mg. Lozano Hernández Cristian Javier tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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



Alvarez Agama Carla Estefania

050361353-1



Mg. Lozano Hernández Cristian Javier

060360931-4

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 Alvarez Agama Carla Estefania, identificada con C.C. N° 050361353-1, de estado civil **soltera** y con domicilio en Latacunga, a quien en lo sucesivo se denominará **LA 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 **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020**” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.- Abril 2015- Febrero 2020

Aprobación CD.- 15 de Noviembre de 2019

Tutor.- Mg. Lozano Hernández Cristian Javier

Tema: “Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”

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, **LA CEDENTE** autoriza a **AL CESIONARIO** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA.- OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **AL CESIONARIO** 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.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA.- El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA/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 **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

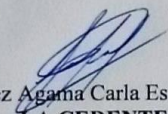
CLÁUSULA OCTAVA.- LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS.- **LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 14 días del mes de Febrero del 2020.


Alvarez Agama Carla Estefania
LA CEDENTE

Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez
EL CESIONARIO

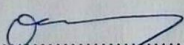
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”, de Alvarez Agama Carla Estefanía, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 07 de febrero del 2020

Tutor:

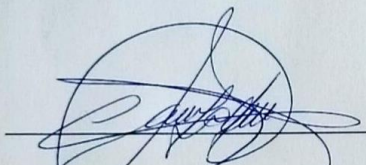

.....
Mg. Lozano Hernandez Cristian Javier

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

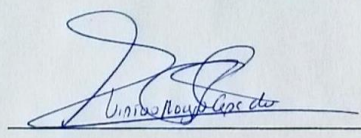
En calidad de Lectores del Proyecto de Investigación con el título:

“Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”, de Alvarez Agama Carla Estefania, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

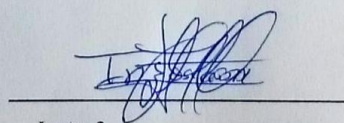
Latacunga, 07 de febrero del 2020



Lector 1 (Presidente)
Nombre: M.Sc. Patricio Clavijo Cevallos
CC: 050144458-2



Lector 2
Nombre: Mg. Vinicio Mogro Cepeda
CC: 050165751-4



Lector 3
Nombre: Mg. Oscar Daza Guerra
CC: 040068979-0

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por darme fuerza y valor, durante todos estos años de estudio para terminar esta etapa importante de mi vida, a mis padres Vinicio y Betty quienes a lo largo de mi vida me apoyaron incondicionalmente en la parte moral y económica para seguir adelante con mi formación académica.

A mi hermano Andrés quien en los malos y buenos momentos estaba junto a mí alentándome para día tras día lograr cumplir mi meta, además no puedo dejar de agradecer al resto de mi familia por el apoyo que siempre me brindaron día a día en el transcurso de cada año de mi carrera universitaria.

Y finalmente de manera especial a mi tutor el Ing. Mg. Lozano Hernández Cristian Javier quien con su dedicación y esfuerzo contribuyo en el desarrollo y culminación del presente proyecto.

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a mis abuelitos, mis angelitos Fernanda, Luis y Alfredo; por ser quienes a pesar de ya no estar físicamente conmigo han sido mis guías y mis protectores.

Alvarez Agama Carla Estefania.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “EVALUACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN DE (As) Y (Cd), EN CULTIVOS DE *LACTUCA SATIVA* Y *DAUCUS CAROTA*, EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020”.

Autor: Alvarez Agama Carla Estefania

RESUMEN

La investigación se realizó con el objeto de evaluar la bioacumulación de (As) y (Cd) en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso; mediante la determinación de concentraciones de dichos metales pesados tanto en suelo como en cultivos para posteriormente comparar los resultados obtenidos con la Normativa TULSMA Anexo 2, para suelo; la normativa INEN-CODEX 193 y el Reglamento Técnico de MERCOSUR, para alimentos. Se realizó para suelo el muestreo en Zig-Zag, del cual se obtuvo una muestra compuesta tanto en suelo inicial como en suelo cultivado, que fueron tomadas a una profundidad de 30 cm; con respecto a los cultivos, se realizó el muestreo aleatorio simple en un área de 14 m², del que se tomó tres muestras de *Lactuca sativa* y nueve muestras de *Daucus carota*. Los resultados obtenidos en el laboratorio determinaron que el (As), con respecto a los muestreos de suelo presentaron concentraciones de 40,031 mg/Kg y 51,651 mg/Kg, los mismos que no cumplen con los límites máximo permisibles; el (Cd), en los dos muestreos presentaron concentraciones de <0,50 mg/Kg, cumpliendo con los límites máximos permisibles. Con respecto al cultivo de *Lactuca sativa*, se determinó la concentración de 0,143 mg/Kg para (As) y la concentración para (Cd), de <0,050 mg/Kg, cumpliendo las dos concentraciones con los límites máximos estipulados. Referente al cultivo de *Daucus carota*, se determinó la concentración de 0,349 mg/Kg para (As), el mismo que no cumple con el límite máximo estipulado; la concentración de (Cd), presento un valor de 0,059 mg/Kg, cumpliendo con el límite máximo estipulado. Finalmente se generó como una nueva alternativa de remediación para suelos agrícolas contaminados por metales pesados, la utilización de otras especies acumuladoras como cebolla larga *Allium fistulosum* y acelga *Beta vulgarisvar. ciola*.

Palabras Clave: Arsénico, bioacumulación, cadmio, muestreos, remediación.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

THEME: EVALUATION OF BIOACCUMULATION OF (As) AND (Cd), IN LACTUCA SATIVA AND DAUCUS CAROTA CROPS, IN AGRICULTURAL SOILS OF TOACASO PARISH, COTOPAXI PROVINCE, 2019-2020.

Author: Alvarez Agama Carla Estefania

ABSTRACT

The research was carried out in order to evaluate the bioaccumulation of (As) and (Cd) in crops of *Lactuca sativa* and *Daucus carota*, in agricultural soils of the Toacaso Parish; by the determination of concentrations of these heavy metals in both soil and crops and then comparing the results obtained with the TULSMA Annex 2 Regulation for soil, the INEN-CODEX 193 Regulation and the MERCOSUR Technical Regulation for food. Sampling carried out for soil in Zig-Zag, from which a composite sample was obtained in both initial soil and cultivated soil, which took at a depth of 30 cm; for crops, simple random sampling carried out in an area of 14 m². Also, three samples of *Lactuca sativa* and nine samples of *Daucus carota* were taken. The results obtained in the laboratory determined that (As) for soil sampling showed concentrations of 40,031 mg/kg and 51,651 mg/kg, which did not meet the maximum allowable limits; (Cd) the two samples showed concentrations of <0,50 mg/kg, complying with the maximum permissible limits. For the *Lactuca sativa* culture, the concentration of 0.143 mg/kg for (As) and the concentration for (Cd) of <0.050 mg/kg were determined, complying with the two concentrations with the stipulated maximum limits. For the cultivation of *Daucus carota*, the concentration of 0.349 mg/kg for (As), which does not meet the stipulated maximum limit, was determined; the concentration of (Cd), presented a value of 0.059 mg/kg, complying with the stipulated maximum limit. Finally, it generated a new remediation alternative for agricultural soils contaminated by heavy metals, the use of other accumulating species such as large onion *Allium fistulosum*, and *Beta Vulgaris* var chard ciola.

Keywords: Arsenic, Bioaccumulation, Cadmium, Sampling, Remediation.

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	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
1 INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	3
4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5 OBJETIVOS:.....	4
5.1 Objetivos General.....	4
5.2 Objetivos Específicos.....	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.....	4
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	5
7.1 Suelo.....	5
7.2 Composición del suelo.....	6
7.2.1 Componentes inorgánicos.....	6
7.2.2 Componentes orgánicos o humus.....	6
7.3 Definición de calidad del suelo.....	6
7.4 Definición de suelo contaminado.....	6
7.5 Metales pesados.....	7
7.5.1 Origen de los metales pesados.....	8
7.6 Problemática de metales pesados en el medio ambiente.....	9

7.7	Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados.....	9
7.7.1	Suelo como regulador de la disponibilidad de los metales pesados para los cultivos.....	10
7.7.2	Fuente de contaminación de metales pesados en la agricultura Ecuatoriana.....	10
7.8	Actividad hortícola en el Ecuador.....	10
7.8.1	Cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i>)	11
7.8.2	Cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).....	11
7.9	Incorporación de metales pesados a la cadena alimenticia.....	12
7.9.1	Contaminación de hortalizas por metales pesados	12
7.10	Arsénico en suelos	12
7.10.1	Fuentes de origen natural (fondo geoquímico).....	12
7.10.2	Fuentes antropogénicas.....	12
7.11	Arsénico en plantas	13
7.12	Interacción agua-suelo	13
7.13	Cadmio en suelos	13
7.13.1	Fuentes de origen natural.....	13
7.13.2	Fuentes antropogénicas.....	14
7.14	Cadmio en plantas.....	14
7.15	Efectos en la salud por la exposición de metales pesados arsénico y cadmio .	15
7.15.1	Cadmio (Cd)	15
7.15.2	Arsénico (As).....	15
7.16	Fitorremediación	15
7.16.1	Tecnología de fitorremediación.....	16
7.17	Marco legal	17
7.17.1	Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados – TULSMA Libro VI (Anexo 2).....	17

7.17.2	Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos - INEN-CODEX 193:2013	18
7.17.3	Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánico en alimentos	19
8	VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA.....	20
9	METODOLOGÍAS/ DISEÑO NO EXPERIMENTAL.....	20
9.1	Área de investigación.....	20
9.2	Tipos de investigación	21
9.2.1	Investigación Bibliográfica	21
9.2.2	Investigación Descriptiva	21
9.2.3	Investigación de Campo	21
9.3	Métodos	21
9.3.1	Método Inductivo	22
9.3.2	Método Analítico.....	22
9.4	Técnicas	23
9.4.1	Observación Directa	23
9.4.2	Muestreo	23
9.4.3	Análisis de datos.....	25
9.5	Instrumentos.....	25
9.5.1	GPS.....	26
9.5.2	Libreta de Campo	27
9.5.3	Laboratorio	27
9.6	Diseño no experimental	27
9.6.1	Media aritmética.....	27
9.6.2	Análisis de varianza de una muestra.....	29
9.6.3	Desviación estándar	31
9.6.4	Porcentaje de error.....	32
10	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35

10.1	Resultados del análisis del laboratorio de suelos.....	35
10.1.1	Concentraciones de arsénico y cadmio, en el primer muestreo de suelo..	35
10.1.2	Concentraciones de arsénico y cadmio, en el segundo muestreo de suelo.....	37
10.1.3	Concentraciones de arsénico, en cultivos de <i>Lactuca sativa</i> y <i>Daucus carota</i>	38
10.1.4	Concentraciones de cadmio, en cultivos de <i>Lactuca sativa</i> y <i>Daucus carota</i>	39
11	ALTERNATIVA PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS AGRICOLAS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS ARSÉNICO Y CADMIO, EN LA PARROQUIA TOACASO.....	40
11.1	INTRODUCCIÓN.....	40
11.2	JUSTIFICACIÓN.....	41
11.3	OBJETIVO.....	42
11.4	METODOLOGÍA.....	42
12	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	45
12.1	Impactos ambientales.....	45
12.2	Impactos sociales.....	46
13	PRESUPUESTO.....	46
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	46
14.1	Conclusiones.....	46
14.2	Recomendaciones.....	47
15	REFERENCIAS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación.....	3
Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.	4
Tabla 3. Concentraciones geoquímicas normales y anormales de algunos elementos traza en suelos.....	8
Tabla 4. Criterio de calidad del suelo.....	17
Tabla 5. Criterio de remediación.....	18
Tabla 6. Límites máximos de arsénico y cadmio (mg/kg) en las hortalizas según el INEN-CODEX 193.....	18
Tabla 7. Límites máximos de contaminantes inorgánicos (As).	19
Tabla 8. Georreferenciación del área de investigación.	26
Tabla 9. Georreferenciación puntos de submuestras (Suelo).	26
Tabla 10. Georreferenciación puntos de muestreo (Cultivos).....	26
Tabla 11. Tabulación de las concentraciones de (As) y (Cd), en los dos muestreos de suelo. ...	36
Tabla 12. Tabulación de las concentraciones de (As) y (Cd), en los dos cultivos.	38
Tabla 13. Presupuesto para la elaboración del proyecto.	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de investigación.....	20
Figura 2. Distribución de las 5 submuestras en el área muestreada.	24

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Tabulación de las concentraciones de arsénico y cadmio, con respecto a la calidad de suelo –norma TULSMA.....	36
Gráfico 2. Tabulación de las concentraciones de arsénico y cadmio, con respecto al criterio de remediación – norma TULSMA.	37
Gráfico 3. Tabulación de las concentraciones de arsénico, con respecto al Límite máximo establecido por el Reglamento Técnico de MERCOSUR.....	38

Gráfico 4. Tabulación de las concentraciones de cadmio, con respecto al Límite máximo establecido por la norma INEN-CODEX 193.	39
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción.	1
Anexo 2. Área de investigación.....	2
Anexo 3. Agua de riego utilizada proveniente de los afluentes de los Ilinizas.	2
Anexo 4. Terreno preparado para el cultivo de <i>Lactuca sativa</i> y <i>Daucus carota</i>	3
Anexo 5. Terreno con cultivos de <i>Lactuca sativa</i> y <i>Daucus carota</i>	3
Anexo 6. Primer muestreo, suelo inicial.....	4
Anexo 7. Muestra recolectada del primer muestreo de suelo.....	4
Anexo 8. Segundo muestreo, suelo con cultivos.....	5
Anexo 9. Muestra Recolectada del segundo muestreo de suelo.....	5
Anexo 10. Muestreo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i>).	6
Anexo 11. Muestreo de zanahoria (<i>Daucus carota</i>).....	6
Anexo 12. Análisis de laboratorio de suelo –Primer muestreo.	7
Anexo 13. Análisis de laboratorio de suelo –Segundo muestreo.	8
Anexo 14. Análisis de laboratorio de (<i>Lactuca sativa</i>).	9
Anexo 15. Análisis de laboratorio de (<i>Daucus carota</i>).....	10

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título

“Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020”.

Lugar de ejecución

Barrio Toacaso Centro-Parroquia Toacaso-Cantón Latacunga-Provincia de Cotopaxi-Zona 3.

Institución, unidad académica y carrera que auspicia

Universidad Técnica de Cotopaxi-Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales- Carrera Ingeniería de Medio Ambiente.

Nombres de equipo de investigadores

Tutor

Mg. Lozano Hernández Cristian Javier

Coordinadora del proyecto

Alvarez Agama Carla Estefania

Lectores

Lector N°1: M.Sc. Clavijo Cevallos Patricio.

Lector N°2: Mg. Mogro Cepeda Vinicio.

Lector N°3: Mg. Daza Guerra Oscar.

Área de Conocimiento

UNESCO: Ambiente / Conservación de suelos.

Línea de investigación: Análisis, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Línea de Vinculación: Protección del Medio Ambiente y desastres naturales.

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Considerando que la actividad agrícola en la parroquia Toacaso representa uno de sus mayores ingresos económicos para sus habitantes, el uso inadecuado y exagerado de productos agroquímicos, así como la presencia de metales pesados en las aguas para riego provenientes de afluentes de los Ilinizas, en la actualidad se han convertido en una de las problemáticas de mayor interés con respecto a la producción agrícola, con sus cultivos los mismos que al presentar un alto nivel de metales pesados ocasionarían la presencia de afecciones en la salud de la población.

Por lo que mediante esta investigación, se determinó la presencia y las concentraciones de (As) y (Cd), en dos tipos de cultivos acumuladores presentes en la zona como *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en los suelos agrícolas de la parroquia Toacaso los mismos que posteriormente son comercializados a nivel provincial así como para consumo personal.

Por consiguiente esta investigación es de gran relevancia ya que se enfocó en la protección y conservación de los suelos, aparte de tener gran impacto social ya que mediante los análisis de laboratorio correspondientes, que se realizaron al suelo agrícola como a los cultivos, se determinó de manera exacta las concentraciones de (As) y (Cd), siendo beneficiarios de manera directa a los habitantes de la parroquia; con el fin de evitar enfermedades de índole toxicológico.

3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tabla 1. Beneficiarios del proyecto de investigación.

Directos	H	M	Indirectos	H	M
Parroquia Toacaso	4.200	4.434	Cantón Latacunga	87.954	94.180
			Provincia de Cotopaxi	198.625	210.580
TOTAL	4.200	4.434	TOTAL	286.579	304.76

Fuente: (INEC-GADML, 2010); (INEC-GADPR-T, 2010); (INEC-GAD COTOPAXI, 2010)

Elaborado por: Carla Alvarez

4 EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Considerando que hasta la actualidad no se ha conocido públicamente sobre ningún estudio relacionado con la investigación, en la parroquia Toacaso referente a bioacumulación de metales pesados en suelos agrícolas, se utilizó como base científica, la investigación realizada en suelos agrícolas mediterráneos de España con respecto a la bioacumulación de (Cu), en dos cultivos hortícolas representativos como es el caso de la lechuga (*Lactuca sativa*) y el tomate riñón (*Solanum lycopersicum*); por lo que en la actualidad se detectó una fuerte bioacumulación de (Cu), en la producción de lechuga que en la de tomate de riñón.

Con respecto al enfoque nacional tenemos el estudio realizado para la determinación de bioacumulación de (Pb) y (Cd) en dos cultivos, lechuga (*Lactuca sativa*) y zanahoria (*Daucus carota*) en la parroquia rural del Quinche, perteneciente al cantón Quito; por lo que se detectó una fuerte bioacumulación de (Pb), en la producción de zanahoria convencional y orgánica, que en el cultivo de lechuga, superando de esta manera el límite establecido en la Normativa TULSMA LIBRO VI Anexo 2 y en la Normativa INEN-CODEX 193.

Por tanto, referente al enfoque local en la Parroquia Toacaso, las principales problemáticas que afectan a esta parroquia con respecto a la actividad agrícola; es la presencia de (Cd) en pocas concentraciones y la alta contaminación de (As) en suelo agrícola por el agua proveniente del afluente de los Ilinizas, usado para agua de riego.

5 OBJETIVOS:

5.1 Objetivos General

Evaluar la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso, Provincia de Cotopaxi, período 2019-2020.

5.2 Objetivos Específicos

- Determinar las concentraciones de (As) y (Cd), en el suelo agrícola y en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota* de la Parroquia Toacaso.
- Comparar con la Normativa TULSMA, las concentraciones obtenidas de (As) y (Cd) en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso y mediante la Normativa INEN-CODEX 193; el Reglamento Técnico de MERCOSUR, las concentraciones en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.
- Proponer una alternativa de remediación de suelos agrícolas contaminados por (As) y (Cd), mediante la utilización de otras especies acumuladoras, en la Parroquia Toacaso.

6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2. Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Medio de Verificación
Determinar las concentraciones de (As) y (Cd) en el suelo agrícola y en cultivos de <i>Lactuca sativa</i> y <i>Daucus carota</i> de la Parroquia Toacaso.	Realizar muestreo de suelo y cultivos, en el área de estudio.	Concentraciones de As y Cd en suelo y cultivos.	Análisis de laboratorio.
Comparar con la Normativa TULSMA, las concentraciones obtenidas de (As) y (Cd) en suelos agrícolas de la Parroquia	Comparar los resultados de laboratorio de (As) y (Cd), tanto de suelo como de	Conocer si las concentraciones de (As) y (Cd) superan o no los límites máximos	La Normativa TULSMA; Normativa INEN-CODEX 193 y el Reglamento

Toacaso y mediante la Normativa INEN-CODEX 193; Reglamento Técnico de MERCOSUR, las concentraciones en cultivos de <i>Lactuca sativa</i> y <i>Daucus carota</i> .	cultivos con la Normativa TULSMA, INEN-CODEX 193 y Reglamento Técnico de MERCOSUR.	permisibles.	Técnico de MERCOSUR.
Proponer una alternativa de remediación de suelos agrícolas contaminados por (As) y (Cd), mediante la utilización de otras especies acumuladoras, en la parroquia Toacaso.	Proponer nuevas especies acumuladoras de metales pesados (As) y (Cd).	Remediación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (As) y (Cd).	Aplicación de otras especies acumuladoras como cebolla larga (<i>Allium fistulosum</i>) y acelga (<i>Beta vulgaris var. cicla</i>).

Elaborado por: Carla Alvarez

7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Suelo

El suelo es establecido como la capa superficial de espesor variable que recubre la corteza terrestre, procedente de la meteorización física y química de la roca preexistente y sobre la que se asienta la vida de cada uno de los seres vivos, además el suelo se ha convertido en el recurso natural más grande e importante del planeta (Grisolia & Ortega, 2012).

(Fadda, G, 2017) nos dice. “Los suelos fueron concebidos como cuerpos naturales independientes, cada uno con una morfología única, resultante de una particular combinación del clima, de los organismos vivos, de la roca madre, del relieve y de la edad”.

7.2 Composición del suelo

La composición química de un suelo viene determinada, en buena parte por el tipo de material originario (roca), puesto que es el material base a partir del cual se forma el suelo. Junto a este material se va añadiendo, en el transcurso del tiempo que dura la formación de un suelo, materia orgánica procedente de organismos vivos. El contenido mineral de un suelo es el que determina su fertilidad (Sabroso & Pastor, 2004).

Por término medio, un suelo tiene la siguiente composición volumétrica:

50% de materia sólida: 45% mineral y 5% materia orgánica

20-30% disolución acuosa

20-30% aire (Sabroso & Pastor, 2016).

Las constituyentes del suelo son de dos tipos:

7.2.1 Componentes inorgánicos: son partículas los productos derivados de la meteorización y según su tamaño y naturaleza, se clasifican en gravas, arenas y arcillas (la cantidad relativa de cada una de ellas constituye la textura). Están constituidas por partículas minerales. En los poros y cavidades que existen entre las partículas también hay agua y aire (Santiago, 2015).

7.2.2 Componentes orgánicos o humus: Son resultado de la descomposición de los restos de los seres vivos por acción de las bacterias y los hongos. Su presencia de calidad al suelo, retiene el agua y sirve como fuente de alimento de microorganismos que fertilizan el suelo (Sabroso & Pastor, 2004).

7.3 Definición de calidad del suelo

En este contexto, el concepto de calidad de suelo, entendido como la capacidad del mismo para realizar sus funciones (en general, de producción biológica, protección ambiental y mantenimiento de la salud humana), es básico desde la órbita del desarrollo sostenible, pues ha demostrado ser de gran utilidad para abordar cuestiones relativas a sostenibilidad productiva y medioambiental (Papendick & Parr, 1992).

7.4 Definición de suelo contaminado

No existe una definición mundialmente aceptada acerca de la contaminación de suelo, si bien se entiende como un cambio indeseable en las características físicas, químicas

y/o biológicas del suelo que terminan por afectar al hombre, animales, plantas y en general al medio ambiente. Con relación a la calidad del suelo, sería el proceso que disminuye las posibilidades de uso (Jiménez, 2017).

Define como suelo contaminado todo aquel cuyas características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano en concentración tal que comparte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente, de acuerdo con los estándares que determina el gobierno (Valero & Bergue, s.f)

La contaminación del suelo provoca una reacción en cadena. Altera la biodiversidad del suelo, reduciendo la materia orgánica que contiene y su capacidad para actuar como filtro. También se contamina el agua almacenada en el suelo y el agua subterránea, provocando un desequilibrio de sus nutrientes. Entre los contaminantes del suelo más comunes se encuentran los metales pesados, los contaminantes orgánicos persistentes y los contaminantes emergentes, como los productos farmacéuticos y los destinados al cuidado personal (FAO, 2018).

7.5 Metales pesados

El término “metal pesado” se refiere a metales cuyo peso específico es superior a 5 g/cm³ y que tiene un número atómico por encima de 20. No obstante, no todos los elementos que tienen esas características tienen funciones biológicas análogas. Debido a la presencia en cantidades pequeñas se denominan a veces “elementos traza” o “metales traza”. Estos metales pueden jugar un papel importante en el metabolismo normal o bien pueden ser tóxicos aún en concentraciones bajas, como el cadmio, plomo, mercurio, arsénico, berilio y bario (Núñez, 2011).

Los elementos traza están presentes en relativamente bajas concentraciones (mg.kg⁻¹) en la corteza de la Tierra, suelos y plantas, muchos de ellos son esenciales para el crecimiento y desarrollo de plantas, animales y seres humanos, aunque también pueden ser tóxicos si se ingieren o inhalan en cantidades suficientemente altas y durante largos períodos de tiempo (Plant, J, 2001).

Tabla 3. Concentraciones geoquímicas normales y anormales de algunos elementos traza en suelos.

Elemento	Rango normal (ppm)	Concentraciones anormales (ppm)
As	<5-40	Hasta 2500
Cd	<1-2	Hasta 30
Cu	60	Hasta 2000
Mo	1-5	10-100
Ni	2-100	Hasta 8000
Pb	10-150	10000 o más
Se	<1-2	Hasta 500
Zn	25-200	10000 o más

Fuente: (Bowen, 1979)

Elaborado por: Carla Alvarez

7.5.1 Origen de los metales pesados

7.5.1.1 Origen geogénico

Los metales pesados o elementos traza de origen geogénicos dependen en gran medida de lo que se ha llamado geodisponibilidad de un elemento o compuesto químico de un material terrestre, que es aquella porción de su contenido total que puede liberarse a la superficie por procesos mecánicos, químicos o biológicos (Plumlee, G, 1994).

Los metales geogénicos, pasan de la roca madre al suelo, por emisiones volcánicas y lixiviados de mineralizaciones; los porcentajes más altos de metales traza en los suelos, se dan para Cr, Mn y Ni, mientras que Co, Cu, Zn y Pb presentan menor cantidad y son mínimos los contenidos en As, Cd y Hg (Bowen, 1979)

7.5.1.2 Origen antropogénico

Las principales fuentes antropogénicas de metales pesados en suelos, además de las relacionadas con la minería, pueden ser:

- Actividades agrícolas: Riego, fertilizantes inorgánicos, pesticidas, estiércol, enmiendas calizas y, sobre todo, lodos residuales de depuradoras.
- Generación de energía eléctrica: La combustión de carbón es una de las principales fuentes de deposición de metales en el suelo, las centrales térmicas que usan petróleo pueden ser fuentes de Pb, Ni y V.
- Actividades industriales: Las fábricas de hierro y acero, que generan metales como Fe y Ni; la fabricación de baterías produce Pb; las áreas altamente industrializadas incluyen As, Cd, Cr, Hg, Fe, Ni, Pb y Zn.

- Residuos domésticos: Aproximadamente el 10% de la basura está compuesta por metales, su enterramiento puede contaminar las aguas subterráneas, mientras que la incineración puede contaminar la atmósfera al liberar metales volátiles y como consecuencia contaminar los suelos; por otra parte, las basuras no controladas obviamente son una importante fuente de contaminantes para el suelo y las aguas superficiales (Wolf-Boenisch, D, 2004).

7.6 Problemática de metales pesados en el medio ambiente

Uno de los problemas más evidentes a nivel mundial, es la paulatina degradación de los recursos naturales, causada por los contaminantes tóxicos orgánicos e inorgánicos en la atmósfera, agua, suelo y subsuelo, procedentes de actividades naturales y sociales, generando un irremediable deterioro en el ambiente (Baltazar & Campos, 2012).

El mayor problema de la contaminación del medio ambiente por metales pesados es que su efecto es silencioso y es peligrosos para la salud. Felizmente se están tomando medidas, aunque ha costado mucho que algunos países industrializados apliquen estas (Romero, 2009).

7.7 Contaminación de suelos agrícolas por metales pesados

Los ecosistemas agrícolas son importantes ya que elevadas concentraciones de metales pesados pueden ocasionar problemas en el uso de estos suelos, el incremento de la concentración de metales pesados eleva la biodisponibilidad de éstos, lo cual facilita su incorporación a la planta; dicha incorporación o asimilación puede generar problemas de toxicidad, como los posibles efectos tóxicos sobre la planta y los efectos sobre la producción, y de acumulación de metales, lo cual conlleva un problema de sanidad ambiental a través de la entrada de estos elementos en la cadena trófica. El sistema agrario y su funcionamiento no se entienden sin la intervención de ambos, siendo su equilibrio de gran relevancia, dicho equilibrio está controlado por una serie de procesos o rutas de transferencia que dependen del elemento considerado, del tipo de suelo y de las propiedades del mismo, de la localización geográfica, de las especies de plantas y de las prácticas de manejo, entre otras (Adriano, D, 2001).

Los contaminantes se disuelven rápidamente en los ríos o en el aire, mientras en los suelos tienden a acumularse. Por esta razón, el suelo actúa como un sumidero de la mayor parte de los contaminantes, incluidos los metales pesados (Prieto, M, 2010).

7.7.1 Suelo como regulador de la disponibilidad de los metales pesados para los cultivos

(Nriagu J. , 1990) nos dice. “De hecho, la acumulación de los metales pesados tiene lugar en la parte biológicamente más activa del suelo, de modo que los metales pueden ser fácilmente accesibles para los cultivos”.

(Martin, 2000) refiere que cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanzan niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el término que se usa o se emplea es “polución de suelos”.

7.7.2 Fuente de contaminación de metales pesados en la agricultura Ecuatoriana

El Ecuador por su situación geográfica posee todos los climas idóneos para la actividad agrícola; las actividades agrícolas en nuestro país no están sujetas a un riguroso control, desencadenando que numerosos factores contaminen los suelos, aguas y el aire donde los cultivos se desarrollan (Garzón, A, 2006).

7.8 Actividad hortícola en el Ecuador

(FAO, La horticultura y la fruticultura en el Ecuador, 2003). En el Ecuador la actividad hortícola, ha crecido paulatinamente a partir de la década de los años 90, debido a que los hábitos alimenticios de la población han cambiado positivamente hacia un mayor consumo de hortalizas en su dieta diaria.

Esta actividad agrícola está concentrada básicamente en la sierra por sus condiciones edáficas, climáticas, sociales, técnicas y sistemas de producción aplicadas. En general la agricultura para los pequeños productores tiene una tipología de carácter “doméstico”, por ser cultivos que se producen en la huerta, por la utilización de mano de obra familiar, son en parte para autoconsumo y sus remanentes de producción permiten acceder a los mercados locales. Para el caso de horticultores medianos y grandes sus producciones son de carácter empresarial, se manejan como una agroindustria y están

orientados a los mercados internos y externos del país. De los 2'600,000 ha de superficie dedicada a la agricultura en el país, 123.070 ha corresponden al cultivo de hortalizas, siendo principalmente producidas en la sierra, con una participación del 86% en las provincias Tungurahua, Chimborazo, Azuay, Pichincha y Cotopaxi (SINAGAP, 2012).

7.8.1 Cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)

La zanahoria es una hortaliza, bianual y alógama, en su primera etapa de crecimiento la raíz almacena la mayor parte de las reservas nutricionales; en la segunda etapa, se desarrollan los tallos florales (Tiscornia, 2002).

Daucus carota es la segunda hortaliza de mayor consumo en el mundo, su color naranja se debe a la presencia de carotenos entre ellos el beta-caroteno o provitamina A, es fuente de vitamina E, vitaminas del grupo B como la niacina. En cuanto a los minerales, destaca el aporte de potasio y cantidades pequeñas de fosforo, magnesio, yodo y calcio (Barrionuevo, M, 2010).

(Carranza, 2006) nos dice. “La zanahoria es una hortaliza de raíz de mucha importancia que se cultiva en grandes extensiones para suplir una demanda creciente”. En Ecuador, la superficie cultivada es de alrededor de 4000 ha, superficie que va incrementándose debido a que existe una mayor demanda con el paso del tiempo. Las principales provincias productoras en nuestro país son Chimborazo con 1.350 ha sembradas, Pichincha con 870 ha, Bolívar con 480 ha y Cotopaxi con 446 ha, con una producción de 8.609 Tm, según el III Censo Nacional agropecuario (SINAGAP, 2012).

7.8.2 Cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*)

Su nombre botánico es *Lactuca sativa* L., es una planta anual y autógama; de raíz que no llega nunca a sobrepasar los 25 cm. de profundidad, es corta y con ramificaciones, las hojas están colocadas en roseta (Vera, 2008).

En Ecuador hay 1.145 ha de lechuga con un rendimiento promedio de 7.928 Kg/ha; según el Ministerio de Agricultura. De la producción total el 70 % es de lechuga criolla, mientras el 30% es de variedades como la roja, la roma o la salad, siendo las provincias con mayor producción Cotopaxi con 481 ha, Tungurahua 25 ha y Carchi 96 ha (SINAGAP, 2012).

Se conoce que la lechuga puede almacenar metales pesados en la raíz, tallos, hojas, flores y también en sus semillas, principalmente debido a los suelos contaminados (Guamán, C; Zuñiga, R, 2010).

7.9 Incorporación de metales pesados a la cadena alimenticia

(Chicharro, 2010). Los metales pesados se pueden incorporar a la planta por medio del recurso suelo mediante la interacción con las raíces y por absorción foliar, durante la deposición de partículas sobre las hojas.

7.9.1 Contaminación de hortalizas por metales pesados

La bioacumulación significa el aumento de la concentración de un producto químico en un organismo vivo en un cierto plazo de tiempo. (Prieto, J, 2009).

Las plantas han desarrollado mecanismos para absorber, traslocar y acumular nutrientes, mientras algunos metales no esenciales para los vegetales son absorbidos, traslocados y acumulados en la planta debido a que presentan un comportamiento electroquímico similar a los elementos nutritivos requeridos (Ibarra, A, 2009).

7.10 Arsénico en suelos

(Smedley & Kinniburgh, 2002). El arsénico en el suelo varía de 0,2 a 40mg kg⁻¹ y en el aire de las zonas urbanas la concentración es aproximadamente de 0,02 µg m⁻³ de aire.

7.10.1 Fuentes de origen natural (fondo geoquímico)

Engloban aquellas que implican el aporte sin intervención humana significativa. Antes que iniciaran las actividades humanas, el arsénico estaba presente en la corteza terrestre, suelos, sedimentos, aguas, aire y organismos. El fondo geoquímico de una sustancia sería la concentración de la misma en un emplazamiento determinado atendiendo solamente a las fuentes naturales (Moreno, J, 2010).

7.10.2 Fuentes antropogénicas

Las principales actividades humanas fuentes de As son la minería, la siderurgia, la agricultura, la silvicultura, los desechos urbanos y la ganadería, además de la formulación de numerosos plaguicidas, fungicidas y biocidas. A su vez, algunos fertilizantes pueden suponer un aporte de arsénico al suelo. Todo ello provoca una

liberación del elemento al ambiente y puede enriquecer los suelos en As (Moreno, J, 2010).

7.11 Arsénico en plantas

La absorción de elementos traza, se ve afectado por la disponibilidad del cultivo, pH, potencial redox (Eh), el contenido de materia orgánica (MO), el agua de riego, la textura del suelo, el balance y concentración de nutrientes (Kabata-Pendias & Pendias, 2000).

7.12 Interacción agua-suelo

La concentración de arsénico en las aguas naturales está controlada por procesos de interacción sólido-solución. Existen dos categorías fundamentales de procesos geoquímicos de interacción agua-suelo, que controlarán la movilización de arsénico en el agua: Reacciones de adsorción-desorción y Reacciones de precipitación-disolución de la fase sólida (Lillo, 2003).

7.13 Cadmio en suelos

(Kabata-Pendias & Pendias, 2000). El promedio de cadmio en suelos esta entre 0,07 y 1,1 mg.kg⁻¹, con un valor natural que no excede de 0,5 mg.Kg⁻¹, además de considerar que algunos suelos pueden poseer niveles de cadmio elevados porque las rocas de las que se formaron tenían el elemento.

El cadmio ha sido reconocido desde hace ya varios años como uno de los elementos más tóxicos, pues reúne cuatro de las características más temidas de un tóxico:

- Efectos adversos para el hombre y el medio ambiente.
- Bioacumulación.
- Persistencia en el medio ambiente.
- Puede viajar grandes distancias en el suelo, el viento y en los cursos de agua (Ramirez, A, 2002).

7.13.1 Fuentes de origen natural

(Osorio et al., 1997) nos dice. “El cadmio se encuentra ampliamente distribuido en la corteza terrestre en una concentración media de 0,1 mg/kg”.

(Bautista, 1999) nos dice. “La abundancia de Cd en rocas sedimentarias e ígneas no excede de 0,3 mg/kg y las concentraciones son parecidas en depósitos arcillosos y en rocas metamórficas”.

(Kabata-Pendias & Pendias, 2000). Aunque los niveles altos de Cd en suelos se relacionan principalmente con la contaminación, pueden ser también de origen litológico.

7.13.2 Fuentes antropogénicas

A mediados del siglo XX la emisión antropogénica de cadmio comenzó a incrementarse notablemente; se puede afirmar que los procesos naturales por los cuales se libera cadmio son intrascendentes en comparación las actividades antrópicas.

- **Minería y metalurgia:** las actividades mineras de metales no ferrosos son la principal fuente de liberación de cadmio (subproducto de la obtención de zinc, por ejemplo), sobre todo al medio acuático. La contaminación puede provenir del agua de drenado de las minas, aguas residuales del procesamiento de los minerales, derrames de los depósitos de desechos, etc.
- **Industria:** fabricación de baterías y acumuladores, cables, células fotoeléctricas, PVC, colorantes de cadmio, fusibles, soldadura, etc.
- **Producción y uso de fertilizantes fosfatados:** el contenido de cadmio en los fertilizantes es muy variable y depende la procedencia geográfica de las rocas empleadas para su fabricación.
- **Otras fuentes:** incineración de residuos de madera y plásticos, combustión de carburantes fósiles, fabricación de cementos, disposición de residuos sólidos en terraplenes. (Galvão & Corey, 1997)

7.14 Cadmio en plantas

Entre los factores de la planta que pueden influir en la cantidad de cadmio absorbido es la especie, la edad y el desarrollo radicular; algunos cultivos como lechuga, espinaca y nabo han sido considerados de alta absorción, mientras que el trigo, arroz, avena y trébol absorberían poco cadmio (Ferguson, 1990).

7.15 Efectos en la salud por la exposición de metales pesados arsénico y cadmio

7.15.1 Cadmio (Cd)

El cadmio que ingresa por vía respiratoria o por vía oral, se transporta a la sangre y se concentra en el hígado y el riñón. Así, el tiempo de vida media del cadmio en el riñón puede alcanzar los 30 años (Reyes et al., 2016).

Si la intoxicación ha ocurrido por la vía digestiva, pues esta da lugar a un episodio de gastroenteritis, con cólicos epigástricos, vómitos, diarreas y mialgias. El dolor abdominal que presenta la persona intoxicada, puede ser muy intenso pudiendo llevarlo hasta el colapso. La agencia internacional de investigaciones sobre el cáncer (IARC) clasifico a los compuestos de Cd como carcinógenos humanos (Miranda, 2018).

7.15.2 Arsénico (As)

(D'Ambrosio, 2005) afirma. “Los efectos toxicológicos del As no son bien conocidos y se especula sobre el proceso de transferencia a los seres humanos”.

Entre los demás efectos perjudiciales para la salud que se pueden asociar a la ingesta prolongada de arsénico destacan los que siguen: cáncer de vejiga y de pulmón, problemas relacionados con el desarrollo, neurotoxicidad, diabetes y enfermedades pulmonares y cardiovasculares (OMS, 2018).

7.16 Fitorremediación

El término fitorremediación se refiere a una tecnología innovadora que utiliza plantas vivas y los microorganismos para la remediación de suelos, lodos, sedimentos y aguas contaminados a través de la remoción, degradación o estabilización de los contaminantes. La principal motivación para el desarrollo de este tipo de tecnología es el gran potencial para la remediación de sitios contaminados a bajos costos (Volke, 2015).

La aplicación de la fitorremediación es cada vez mayor y sus resultados se están valorando como muy positivos, lo cual permite visualizar que la fitorremediación empieza a ser una tecnología competitiva en la recuperación de suelos y aguas contaminadas (López, 2003).

En comparación con las tecnologías de remediación tradicionales, la fitorremediación incluye la posibilidad de generar menos residuos secundarios, menos perturbación al ambiente y la capacidad de dejar los suelos en el mismo lugar y en condiciones de uso después del tratamiento (Miller, 1996).

7.16.1 Tecnología de fitorremediación

“Las tecnologías de remediación pueden actuar conteniendo la contaminación, separando el contaminante del suelo o destruyendo el contaminante” (Velasco, 2002).

La elección de una estrategia de remediación dependerá de la naturaleza de los contaminantes. Los suelos contaminados con metales pesados son extremadamente difíciles de remediar y normalmente son excavados y sustituidos con suelo nuevo. Además, algunas zonas contaminadas con metales son tratadas con otras técnicas, como la lixiviación ácida, separación física del contaminante o procesos electroquímicos que tienen costes muy elevados (Cunningham et al., 1995).

Según (Thangavel & Subhram, 2004), dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y el nivel de limpieza requerido; las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoinmovilización) o eliminación (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización).

➤ Fitoacumulación

La fitoextracción o fitoacumulación consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. La fitoacumulación se puede repetir ilimitadamente hasta que la concentración remanente de metales en el suelo esté dentro de los límites considerados como aceptables (Kumar, Dushenkov, Motto, & Raskin, 1995)

En el proceso de fitoextracción, tal y como indica la Figura 6, primero se elegirá la especie apropiada que será cultivada en un suelo contaminado determinado. Tras haberse llevado a cabo la extracción del contaminante por la planta, se retirará la cosecha, ahora convertida en biomasa enriquecida por el metal pesado que contaminaba el suelo. Posteriormente, se llevará a cabo el tratamiento de la cosecha; por compostaje, compresión o tratamientos termales por ejemplo, para reducir el volumen y/o el peso de biomasa. Por último ésta materia prima se procesará como si se tratara de un residuo

peligroso, o se reciclará para recuperar los elementos que podrán tener valor económico (Vangronsveld et al., 2009)

7.17 Marco legal

7.17.1 Norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados – TULSMA Libro VI (Anexo 2)

La Norma de Calidad Ambiental del Recurso Suelo y criterios de remediación para suelos contaminados, vigente a nivel nacional tiene como objetivo fundamental “preservar la salud de las personas y velar por la calidad ambiental del recurso suelo a fin de salvaguardar las funciones naturales en los ecosistemas, frente a actividades antrópicas con potencial para modificar su calidad, resultantes de los diversos usos del recurso” (Ministerio del Ambiente, 2016).

La presente norma se ha emitido para la prevención y control de la contaminación del suelo y tiene aplicación para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, de conservación, industrial y comercial.

Se describe un suelo de calidad para tener referencia al analizar otros de su misma especie en el cual se ha modificado la tabla expuesta por el Ministerio del Ambiente para una mayor comprensión del estudio realizado. La norma contiene los criterios de calidad del suelo respecto a metales pesados. En el caso del As y Cd, se ha establecido valores de 5 y 0,5 mg/Kg, respectivamente (Tabla 4).

Tabla 4. Criterio de calidad del suelo.

Parámetros	Unidades	Valor
Arsénico (inorgánico)	mg/Kg	5
Cadmio	mg/Kg	0.5

Fuente: (TULSMA, 2015)

Elaborado por: Carla Alvarez.

El criterio de remediación descrito a continuación se refiere a los niveles máximos permisibles, es decir, si exceden los mismos se deberá proceder a una remediación inmediata de estos suelos, respectivamente (Tabla 5).

Tabla 5. Criterio de remediación.

Parámetros	Unidades	Valor
Arsénico (inorgánico)	mg/Kg	12
Cadmio	mg/Kg	2

Fuente: (TULSMA, 2015)

Elaborado por: Carla Alvarez.

7.17.2 Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos - INEN-CODEX 193:2013

En Ecuador no se tienen regulaciones propias al respecto, por tal motivo se utilizan los niveles máximos permitidos por organismos internacionales como el Codex Alimentarius; de acuerdo con las normativas emitidas por el Codex, la contaminación de los alimentos puede suponer un riesgo para el ser humano, además en algunos casos pueden tener un impacto negativo en la calidad de los alimentos (INEN-CODEX, 2013).

Los niveles de los contaminantes presentes en los alimentos deben ser lo más bajos a través de buenas prácticas, como buenas prácticas agrícolas (BPA) y buenas prácticas de fabricación (BPF). Para lo cual las medidas que se proponen a continuación pueden servir para reducir la contaminación de alimentos:

- a) Evitar la contaminación de los alimentos en la fuente, por ejemplo, reduciendo la contaminación del medio ambiente.
- b) Aplicar medida(s) de control de las tecnologías apropiadas en la producción, fabricación, procesado, preparación, tratamiento, envasado, empaquetado, transporte y almacenamiento de alimentos.
- c) Aplicar medidas encaminadas a descontaminar los alimentos contaminados y medidas para impedir que se comercialicen para el consumo alimentos contaminados (INEN-CODEX, 2013).

Por tal motivo la (Tabla 6), contiene las concentraciones máximas de arsénico y cadmio establecidos en la adaptación modificada a la versión en español de la normativa CODEX STAN 193:1995 para *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.

Tabla 6. Límites máximos de arsénico y cadmio (mg/kg) en las hortalizas según el INEN-CODEX 193.

Hortaliza	Arsénico (mg/Kg)	Cadmio (mg/Kg)
Hortalizas de Hoja	N/A	0,20
Hortalizas de tallo y raíz	N/A	0,10

Fuente: (INEN-CODEX, 2013)

Elaborado por: Carla Alvarez.

7.17.3 Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánico en alimentos

Según el Reglamento Técnico de MERCOSUR, es necesario actualizar los Límites Máximos de Contaminantes Inorgánicos en Alimentos, con el fin de proteger la salud pública, por lo que resulta esencial mantener el contenido de los contaminantes en niveles toxicológicos aceptables (MERCOSUR, 2011).

Criterios Generales:

- Los niveles de contaminantes inorgánicos en los alimentos deberán ser lo más bajo posibles, a fin de evitar que un alimento contaminado sea comercializado o consumido.
- Los contenidos máximos permitidos se aplicarán a la parte comestible de los productos alimenticios.
- Los contenidos máximos se aplican al producto en el estado en que se ofrece al consumidor (MERCOSUR, 2011).
- Los productos alimenticios que incumplan los contenidos máximos establecidos, no se utilizarán como ingredientes alimentarios.

Criterios específicos

- El contenido máximo se aplica después de lavar las frutas o las hortalizas y separar la parte comestible según corresponda.
- Las categorías de hortalizas a los fines del presente Reglamento se definen en la tabla de Límites máximos de contaminantes inorgánicos, respectivamente (Tabla 7)
- Los límites máximos se expresan en miligramos por kilogramo (mg/Kg) (MERCOSUR, 2011).

Tabla 7. Límites máximos de contaminantes inorgánicos (As).

Categorías	Arsénico Límite máximo (mg/Kg)
Hortalizas de hoja (incluidas las <i>Brassicas</i> de hojas sueltas)	0,30
Hortaliza de raíces y tubérculos	0,20

Fuente: (MERCOSUR, 2011)

Elaborado por: Carla Alvarez.

8 VALIDACIÓN DE LA PREGUNTA CIENTÍFICA

¿La aplicación de las especies vegetales *Lactuca sativa* y *Daucus carota* como indicadores de bioacumulación de metales pesados de (As) y (Cd), mediante el método de Absorción Atómica, aportará a la determinación de la calidad del suelo agrícola en la Parroquia Toacaso?

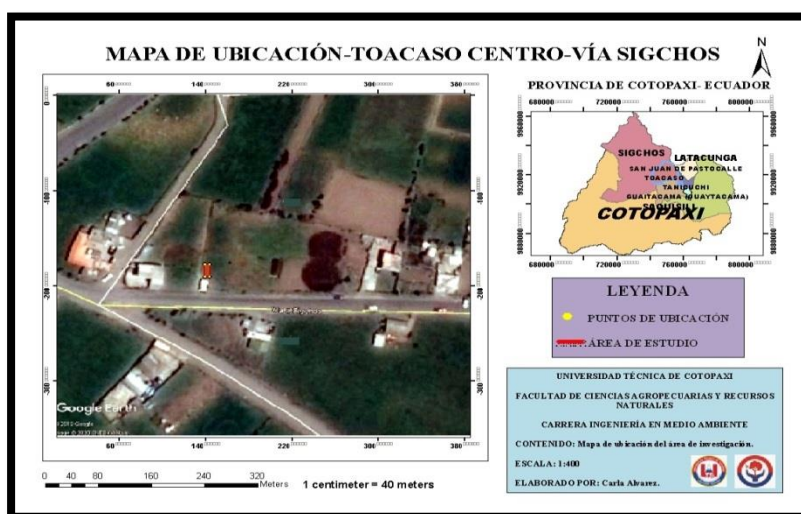
La utilización de las especies vegetales, *Lactuca sativa* y *Daucus carota* y posteriormente la aplicación del método de Absorción Atómica por parte del laboratorio acreditado, permitió determinar en el primer muestreo de suelo la concentración de (As) con un valor de 40,031 mg/Kg y referente al (Cd) una concentración de <0,5mg/Kg; en el segundo muestreo de suelo la concentración de (As), fue de 51,651 mg/Kg y referente a (Cd) una concentración de <0,5mg/Kg. Con respecto al cultivo de *Lactuca sativa* el (As), presento una concentración de 0,143 mg/Kg y en (Cd) una concentración de <0,05mg/Kg; referente al cultivo de *Daucus carota* en (As), presento una concentración de 0,349 mg/Kg y en (Cd) una concentración de 0,059 mg/Kg.

9 METODOLOGÍAS/ DISEÑO NO EXPERIMENTAL

9.1 Área de investigación

El área de investigación estuvo ubicado en el Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi, Parroquia Toacaso, barrio Toacaso Centro, sus coordenadas son: X=756783; Y=9916339.

Figura 1. Ubicación del área de investigación.



Fuente: Programa Arcgis; (Google earth, 2019)

Elaborado por: Carla Alvarez

9.2 Tipos de investigación

9.2.1 Investigación Bibliográfica

Permitió obtener fuentes de información necesarias para indagar y ampliar conocimientos sobre temas relacionados con datos generales de la Parroquia Toacaso, suelo, metales pesados (As) y (Cd), cultivos como *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, normativas nacionales como TULSMA; INEN-CODEX 193 y finalmente la normativa internacional, Reglamento Técnico de MERCOSUR.

9.2.2 Investigación Descriptiva

Se identificó las condiciones actuales el predio, el uso actual del mismo, origen del agua utilizada para riego, con el fin de establecer una relación concreta entre el investigador y la actividad agrícola, con el cultivo de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, obteniendo datos para desarrollarlos durante la investigación.

9.2.3 Investigación de Campo

9.2.3.1 Suelo

Mediante la investigación de campo se identificó el lugar a muestrear tomando en cuenta la disponibilidad de espacio en el predio, el mismo que contó con un área de 14 m² y a su vez permitió determinar que para cada muestra compuesta; tanto para la etapa de suelo preparado, como en la etapa de suelo con cultivos, estarían conformadas por 5 submuestras o muestras simples.

9.2.3.2 Cultivos

Permitió preparar el área de investigación de 14 m², para los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, dividiendo el área de estudio en 6 parcelas, 3 parcelas para lechuga y 3 parcelas para zanahoria, contando en total con 30 cultivos cada parcela; además se determinó el número de muestreos a realizar, para la lechuga se obtuvo 6 muestras aleatorias y para la zanahoria 9 muestras aleatorias.

9.3 Métodos

Los métodos utilizados en la ejecución del proyecto fueron:

9.3.1 Método Inductivo

Este método permitió obtener conocimientos generales de los metales pesados (As) y (Cd), generando valores sobre cuanto aporta a la contaminación del suelo y de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, cuyos resultados se compararon con las normativas aplicables tanto para suelo como para alimentos.

En el siguiente método se aplicaron las siguientes etapas:

Observación.- Se utilizó la observación directa para poder identificar cuáles son las causas de contaminación de suelo y de sus cultivos, por metales pesados (As) y (Cd).

Análisis.- Luego de haber realizado los respectivos muestreos tanto en suelo inicial como en suelo con cultivos; en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, se procedió a enviar al laboratorio para su respectivo análisis físico-químico.

Comparación.- Los resultados obtenidos se compararon con la Normativa TULSMA, para suelo; INEN-CODEX193 y el Reglamento Técnico de MERCOSUR, para alimentos.

9.3.2 Método Analítico

9.3.2.1 Primer análisis de suelo

Una vez que se obtuvo el primer muestreo realizado en suelo inicial, se procedió a enviar al laboratorio acreditado LASA con N° de acreditación SAE LEN 06-002, para su respectivo análisis físico-químico, el mismo que para el análisis de (Cd), utilizó el método de ensayo PEE-LASA-FQ-51 EPA700B, dando como resultado una concentración de <0,5 mg/Kg y para el análisis de (As), se utilizó el método de ensayo Absorción Atómica, dando como resultado una concentración de 40,031 mg/Kg.

9.3.2.2 Segundo análisis de suelo

Realizado el segundo muestreo en suelo con cultivos, se procedió a enviar al laboratorio acreditado LASA con N° de acreditación SAE LEN 06-002, para su respectivo análisis físico-químico, el mismo que para el análisis de (Cd), utilizó el método de ensayo PEE-LASA-FQ-51 EPA700B, dando como resultado una concentración de <0,5 mg/Kg y para el análisis de (As), se utilizó el método de ensayo Absorción atómica, dando como resultado una concentración de 51,651 mg/Kg.

9.3.2.3 Análisis de cultivos

Después de haber realizado el muestreo, en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, se procedió a enviar al laboratorio acreditado LASA con N° de acreditación SAE LEN 06-002, para su respectivo análisis físico-químico, el mismo que para el análisis de (Cd), se utilizó el método de ensayo de Absorción Atómica-Horno de Grafito, dando como resultado una concentración de <0,05 mg/kg en *Lactuca sativa* y una concentración de 0,059 mg/kg en *Daucus carota*.

Mientras que para el análisis de (As), se utilizó el método de ensayo de Absorción Atómica-Generación de Hidruros, dando como resultado una concentración de 0,143 mg/Kg en *Lactuca sativa* ,y una concentración de 0,349 mg/kg en *Daucus carota*.

9.4 Técnicas

Para la ejecución del proyecto se utilizaron las siguientes técnicas:

9.4.1 Observación Directa

Mediante esta técnica se realizó observaciones, las mismas que fueron una fuente eficaz para adquirir información del uso actual del predio, el mismo que fue usado como área de investigación; además se identificó el principal problema que está provocando alteraciones en la calidad del suelo, como es el uso de agua para riego proveniente de los Ilinizas, que contiene la presencia de (As).

9.4.2 Muestreo

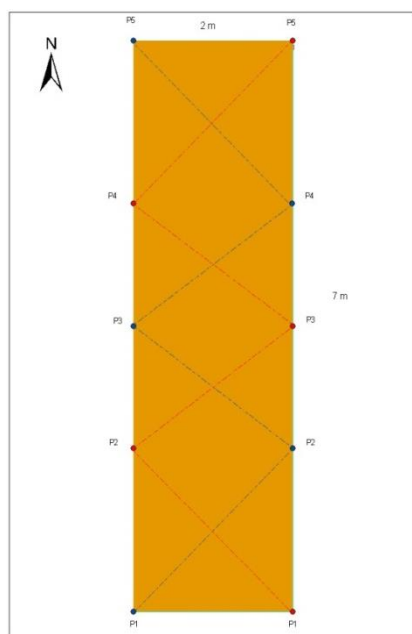
9.4.2.1 Muestreo de Suelo

Se procedió a realizar muestreos de suelo, tanto en suelo inicial como en suelo con cultivos, mediante los siguientes pasos:

1. Se realizó la selección del sitio, en el cual se trazó una cuadrícula extendida sobre toda el área afectada y se realizó la limpieza de la superficie del suelo a ser muestreado.
2. Se procedió a tomar, 5 submuestras o muestras simples, efectuando un muestreo en Zig-Zag que abarcó todo el terreno, en un área de 14 m² con un perímetro de 18 m.

3. Se procedió a cavar un hoyo de 30 cm de profundidad y sacar una tajada en (V) de suelo de 5 cm de grosor.
4. Después se depositó las submuestras o muestras simples en un balde plástico, se homogenizó y se recolecto alrededor de 1 kilogramo de muestra compuesta.
5. La muestra recolectada se introdujo en fundas plásticas totalmente herméticas para su envío con el fin de evitar la pérdida de humedad, el tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y el envío al laboratorio acreditado LASA con N° de acreditación SAE LEN 06-002, no superó las 24 horas.
6. La muestra se envió correctamente etiquetada con la siguiente información:
 - Responsable del muestreo, dirección, número de cédula, teléfono y correo electrónico.
 - Fecha y hora de muestreo
 - Localización del muestreo: provincia, cantón, parroquia, sector
 - Tipo de muestra
 - Identificación de la muestra

Figura 2. Distribución de las 5 submuestras en el área muestreada.



Simbología

- Submuestras del primer Muestreo (Suelo preparado)
- Submuestras del segundo Muestreo (Suelo con cultivos)

Elaborado por: Carla Alvarez

9.4.2.2 Muestreo de Cultivos

El muestreo se centró en los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, con el fin de comparar su comportamiento frente a la acumulación de metales pesados, por ser cultivos importantes en la zona; además, de ser cultivos acumuladores.

Para la toma de muestras se realizó lo siguiente:

1. Se seleccionó el huerto de 14 m² de área, constituida por 6 parcelas: 3 parcelas de lechuga y 3 parcelas de zanahoria.
2. Se recogió mediante muestreo aleatorio simple, 6 unidades de lechugas y 9 unidades de zanahoria.
3. Las muestras recolectadas fueron colocadas en fundas plásticas totalmente herméticas, el tiempo transcurrido entre la recolección de la muestra y el envío al laboratorio acreditado Lasa con N° de acreditación SAE LEN 06-002, no superó las 24 horas.
4. Las muestras se enviaron correctamente etiquetada con la siguiente información:
 - Responsable del muestreo, dirección, número de cédula, teléfono y correo electrónico.
 - Fecha de muestreo
 - Localización del muestreo: provincia, cantón, parroquia, sector
 - Tipo de muestra
 - Tipo de cultivo
 - Identificación de la muestra

9.4.3 Análisis de datos

De acuerdo a los valores obtenidos con respecto a las concentraciones de (As) y (Cd), tanto en los muestreos de suelo, como en los muestreos de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, se procedió a realizar las siguientes operaciones estadísticas, como media aritmética, desviación estándar, análisis de varianza de una muestra y porcentaje de error.

9.5 Instrumentos

9.5.1 GPS

Mediante la utilización del GPS, se obtuvo la georreferenciación en coordenadas UTM WGS84 Zona 17 s, de la ubicación exacta del área de investigación, respectivamente (Tabla 8).

Tabla 8. Georreferenciación del área de investigación.

Nº	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)
1	756785	9916349
2	756783	9916349
3	756783	9916356
4	756785	9916356

Elaborado por: Carla Alvarez.

Permitió la identificación de los puntos a muestrear del suelo, respectivamente (Tabla 9).

Tabla 9. Georreferenciación puntos de submuestras (Suelo).

Nº	Primera Georreferenciación		Segunda Georreferenciación	
	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)
1	756785	9916349	756783	9916349
2	756783	9916351	756785	9916352
3	756785	9916353	756783	9916353
4	756783	9916355	756785	9916355
5	756785	9916356	756783	9916356

Elaborado por: Carla Alvarez.

Permitió la identificación de los puntos a muestrear de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, respectivamente (Tabla10).

Tabla 10. Georreferenciación puntos de muestreo (Cultivos).

Nº	<i>Lactuca sativa</i>		<i>Daucus carota</i>	
	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)	Coordenadas (X)	Coordenadas (Y)
1	756785	9916349	756784	9916351
2	756784	9916345	756784	9916352
3	756783	9916347	756783	9916352
4	756784	9916347	756783	9916352
5	756783	9916349	756784	9916353
6	756784	9916351	756784	9916353
7			756785	9916355
8			756783	9916356
9			756785	9916356

Elaborado por: Carla Alvarez.

9.5.2 Libreta de Campo

En la libreta de campo se recopilaron datos referentes a las coordenadas del área de investigación, así como las coordenadas de los puntos donde se obtuvieron cada una de la submuestras tanto para el muestreo de suelo como para el muestreo de los cultivos; esta información permitió tener las muestras localizadas e identificadas, respectivamente.

9.5.3 Laboratorio

9.5.3.1 Envío de las muestras

Respectivamente las muestras fueron depositadas en fundas con cierre hermético, fueron etiquetadas para evitar errores, para él envió se las introdujo en una caja Cooler para mantener a una temperatura adecuada y no alterar sus condiciones.

9.6 Diseño no experimental

La presente investigación no presentó diseño experimental, pero se realizaron cálculos básicos para el análisis de resultados como:

9.6.1 Media aritmética

➤ Concentración de arsénico, en muestreos de suelo.

Este valor se obtuvo al sumar todos los datos obtenidos del laboratorio tanto del primer y segundo muestreo, con respecto a las concentraciones de (As); luego se dividió el resultado para el número total de datos; esto sirvió para obtener la concentración total del metal pesado, respectivamente (Tabla 11).

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n \chi_i}{N}$$

\bar{X} = Media Aritmética

Σ = Sumatoria

χ_i = Datos obtenidos

N = Número de datos totales de la muestra.

$\bar{X} = 45.841 \text{ mg/Kg}$

$$\bar{X} = \frac{40,031 \text{ mg/Kg} + 51,651 \text{ mg/Kg}}{2}$$

➤ **Concentración de cadmio, en muestreos de suelo.**

Este valor se obtuvo al sumar todos los datos obtenidos del laboratorio tanto del primer y segundo muestreo, con respecto a las concentraciones de (Cd); luego se dividió el resultado para el número total de datos; esto sirvió para obtener la concentración total del metal pesado, respectivamente (Tabla 11).

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n \chi_i}{N}$$

\bar{X} = Media Aritmética

Σ = Sumatoria

χ_i = Datos obtenidos

N = Número de datos totales de la muestra.

$$\bar{X} = \frac{< 0,50 \text{ mg/Kg} + < 0,50 \text{ mg/Kg}}{2}$$

$\bar{X} = < 0,50 \text{ mg/Kg}$

➤ **Concentración de arsénico en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.**

Este valor se obtuvo al sumar todos los datos obtenidos del laboratorio tanto de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, con respecto a las concentraciones de (As); luego se dividió el resultado para el número total de datos; esto sirvió para obtener la concentración total del metal pesado, respectivamente (Tabla 12).

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n \chi_i}{N}$$

\bar{X} = Media Aritmética

Σ = Sumatoria

χ_i = Datos obtenidos

N = Número de datos totales de la muestra.

$$\bar{X} = \frac{0,143 \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} + 0,349 \frac{\text{mg}}{\text{Kg}}}{2}$$

$\bar{X} = 0,246 \text{ mg/Kg}$

➤ **Concentración de cadmio en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.**

Este valor se obtuvo al sumar todos los datos obtenidos del laboratorio tanto de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, con respecto a las concentraciones de (Cd); luego se dividió el resultado para el número total de datos; esto sirvió para obtener la concentración total del metal pesado, respectivamente (Tabla 12).

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n \chi_i}{N}$$

\bar{X} = Media Aritmética

Σ = Sumatoria

χ_i = Datos obtenidos

N = Número de datos totales de la muestra.

$$\bar{X} = \frac{< 0,05 \frac{mg}{Kg} + 0,059 \frac{mg}{Kg}}{2} \quad \boxed{\bar{X} = 0,055 \text{ mg/Kg}}$$

9.6.2 Análisis de varianza de una muestra

➤ **Arsénico en muestreo de suelo.**

Esto permitió obtener posteriormente el valor de la desviación estándar, con el cual se determinó que tan dispersos están los valores de las concentraciones de (As) en suelo, alrededor de la media, respectivamente (Tabla 11).

$$S^2 = \frac{\Sigma(\chi_i - \bar{X})^2}{N - 1}$$

S^2 = Varianza

χ_i = Conjunto de datos de observación

Σ = Sumatoria

\bar{X} = Media Aritmética de la muestra

N = Número de datos totales (tamaño de la muestra)

$$S^2 = \frac{\Sigma(67,512\text{mg/kg})}{1} \quad \boxed{S^2 = 67,512}$$

➤ **Cadmio en muestreo de suelo.**

Esto permitió obtener posteriormente el valor de la desviación estándar, con el cual se determinó que tan dispersos están los valores de las concentraciones de (Cd) en suelo, alrededor de la media, respectivamente (Tabla 11).

$$S^2 = \frac{\Sigma(\chi i - \bar{\chi})^2}{N - 1}$$

S^2 = Varianza

χi = Conjunto de datos de observación

Σ = Sumatoria

$\bar{\chi}$ = Media Aritmética de la muestra

N = Número de datos totales (tamaño de la muestra)

$$S^2 = \frac{\Sigma(0 \text{ mg/Kg})}{1} \quad \boxed{S^2 = 0}$$

➤ **Arsénico en muestreo de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.**

Esto permitió obtener posteriormente el valor de la desviación estándar, con el cual se determinó que tan dispersos están los valores de las concentraciones de (As), en los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, alrededor de la media, respectivamente (Tabla 12).

$$S^2 = \frac{\Sigma(\chi i - \bar{\chi})^2}{N - 1}$$

S^2 = Varianza

χi = Conjunto de datos de observación

Σ = Sumatoria

$\bar{\chi}$ = Media Aritmética de la muestra

N = Número de datos totales (tamaño de la muestra)

$$S^2 = \frac{\Sigma(0,022 \text{ mg/Kg})}{1} \quad \boxed{S^2 = 0,022}$$

➤ **Cadmio en muestreo de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.**

Esto permitió obtener posteriormente el valor de la desviación estándar, con el cual se determinó que tan dispersos están los valores de las concentraciones de (Cd), en los

cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, alrededor de la media, respectivamente (Tabla 12).

$$S^2 = \frac{\Sigma(\chi i - \bar{\chi})^2}{N - 1}$$

$S^2 = \text{Varianza}$

$\chi i =$ Conjunto de datos de observación

$\Sigma =$ Sumatoria

$\bar{\chi} =$ Media Aritmética de la muestra

$N =$ Número de datos totales (tamaño de la muestra)

$$S^2 = \frac{\Sigma(0,00004050 \text{ mg/Kg})}{1}$$

$$S^2 = 0,00004050$$

9.6.3 Desviación estándar

➤ Arsénico en muestreo de suelo.

Esto ayudó a conocer qué tan dispersos se encontraron de la media aritmética las concentraciones de (As), obtenidos del laboratorio a partir de los 2 muestreos de suelo tanto en suelo preparado como en suelo con cultivos, respectivamente (Tabla 11).

$$S = \sqrt{S^2}$$

$S =$ Desviación Estándar

$$S = \sqrt{67,512} \text{ mg/Kg}$$

$$S = 8,22$$

$\sqrt{S^2} =$ Varianza

➤ Cadmio en muestreo de suelo.

Esto ayudó a conocer qué tan dispersos se encontraron de la media aritmética las concentraciones de (Cd), obtenidos en el laboratorio a partir de los 2 muestreos de suelo tanto en suelo preparado como en suelo con cultivos, respectivamente (Tabla 11).

$$S = \sqrt{S^2}$$

$S =$ Desviación Estándar

$$S = \sqrt{0} \text{ mg/Kg}$$

$\sqrt{S^2} =$ Varianza

$$S = 0$$

➤ **Arsénico en muestreo de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.**

Esto ayudó a conocer qué tan dispersos se encontraron de la media aritmética las concentraciones de (As), obtenidos en el laboratorio tanto de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, respectivamente (Tabla 12).

$$S = \sqrt{S^2}$$

S= Desviación Estándar

$$S = \sqrt{0,022} \text{ mg/Kg}$$

S=0,148

$\sqrt{S^2}$ = Varianza

➤ **Cadmio en muestreo de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.**

Esto ayudó a conocer qué tan dispersos se encontraron de la media aritmética las concentraciones de (Cd), obtenidos en el laboratorio tanto de los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, respectivamente (Tabla 12).

$$S = \sqrt{S^2}$$

S= Desviación Estándar

$$S = \sqrt{0,00004050} \text{ mg/Kg}$$

S=0,006

$\sqrt{S^2}$ = Varianza

9.6.4 Porcentaje de error

➤ **Arsénico en el primer muestreo de suelo.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (As) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 11).

$$\%E = \frac{\mathbf{Vex.} - \mathbf{Vaprox.}}{\mathbf{Vex}} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$\%E = \frac{40,031 \frac{mg}{Kg} - 45,841 \frac{mg}{Kg}}{40,031 \frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = -14,5 \%}$$

➤ **Cadmio en el primer muestreo de suelo.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (Cd) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 11).

$$\%E = \frac{\mathbf{Vex.} - \mathbf{Vaprox.}}{\mathbf{Vex}} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$\%E = \frac{<0,5 \frac{mg}{Kg} - 0,5 \frac{mg}{Kg}}{<0,5 \frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = 0 \%}$$

➤ **Arsénico en el segundo muestreo de suelo.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (As) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 11).

$$\%E = \frac{\mathbf{Vex.} - \mathbf{Vaprox.}}{\mathbf{Vex}} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$\%E = \frac{51,651 \frac{mg}{Kg} - 45,841 \frac{mg}{Kg}}{51,651 \frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = 11,2 \%}$$

➤ **Cadmio en el segundo muestreo de suelo.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (Cd) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 11).

$$\%E = \frac{\mathbf{Vex.} - \mathbf{Vaprox.}}{\mathbf{Vex}} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$E = \frac{<0,5\frac{mg}{Kg} - 0,5\frac{mg}{Kg}}{<0,5\frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = 0 \%}$$

➤ **Arsénico en el muestreo de *Lactuca sativa*.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (As) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 12).

$$\%E = \frac{Vex. - Vaprox.}{Vex} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$\%E = \frac{0,143\frac{mg}{Kg} - 0,246\frac{mg}{Kg}}{0,143\frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = -72,02 \%}$$

➤ **Cadmio en el muestreo de *Lactuca sativa*.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (Cd) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 12).

$$\%E = \frac{Vex. - Vaprox.}{Vex} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$\%E = \frac{0,05\frac{mg}{Kg} - 0,055\frac{mg}{Kg}}{0,05\frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = - 10 \%}$$

➤ **Arsénico en el muestreo de *Daucus carota*.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (As) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 12).

$$\%E = \frac{\mathbf{Vex. - Vaprox.}}{\mathbf{Vex}} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$\%E = \frac{0,349 \frac{mg}{Kg} - 0,246 \frac{mg}{Kg}}{0,349 \frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = 29,5 \%}$$

➤ **Cadmio en el muestreo de *Daucus carota*.**

Esto permitió obtener el porcentaje de error entre el valor real de (Cd) y el valor de la media aritmética, calculado anteriormente (Tabla 12).

$$\%E = \frac{\mathbf{Vex. - Vaprox.}}{\mathbf{Vex}} \times 100$$

%E = Porcentaje de error de la muestra.

Vex. = Valor exacto de la muestra.

Vaprox. = Valor aproximado de la muestra

$$E = \frac{0,059 \frac{mg}{Kg} - 0,055 \frac{mg}{Kg}}{0,059 \frac{mg}{Kg}} \times 100 \quad \boxed{\%E = 6,7\%}$$

10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

10.1 Resultados del análisis del laboratorio de suelos

10.1.1 Concentraciones de arsénico y cadmio, en el primer muestreo de suelo.

A continuación, se encuentran las concentraciones de (As) y (Cd), obtenidos en el primer muestreo y posteriormente analizados en laboratorio, con sus límites máximos permisibles según la Normativa Nacional TULSMA, Anexo 2 y posteriormente

comparan los resultados obtenidos para saber si cumple o no cumple con lo establecido de acuerdo a la normativa.

Gráfico 1. Tabulación de las concentraciones de arsénico y cadmio, con respecto a la calidad de suelo – norma TULSMA.

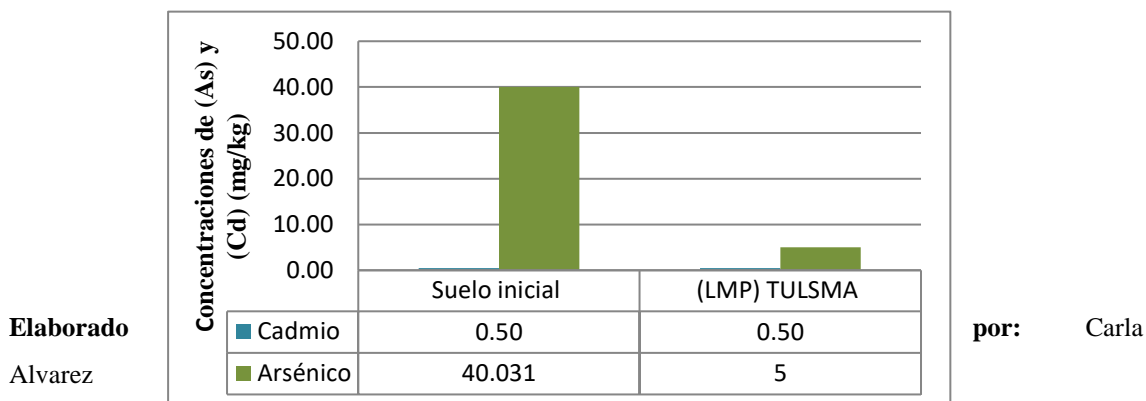


Tabla 11. Tabulación de las concentraciones de (As) y (Cd), en los dos muestreos de suelo.

	SUELO													
	1 M.	2 M.	N. Datos	M. Aritmetica	$x_i - x$ (1M.)	$x_i - x$ (2M.)	$(x_i - x)^2$	$(x_i - x)^2$	Sumatoria	Varianza	Desviación	% de Error 1M.	% de Error 2M.	
Cadmio	0,50	0,50	2	0,50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Arsénico	40,031	51,651	2	45,841	-5,81	5,81	33,756	33,756	67,512	67,512	8,22	-14,50	11,20	

Elaborado por: Carla Alvarez

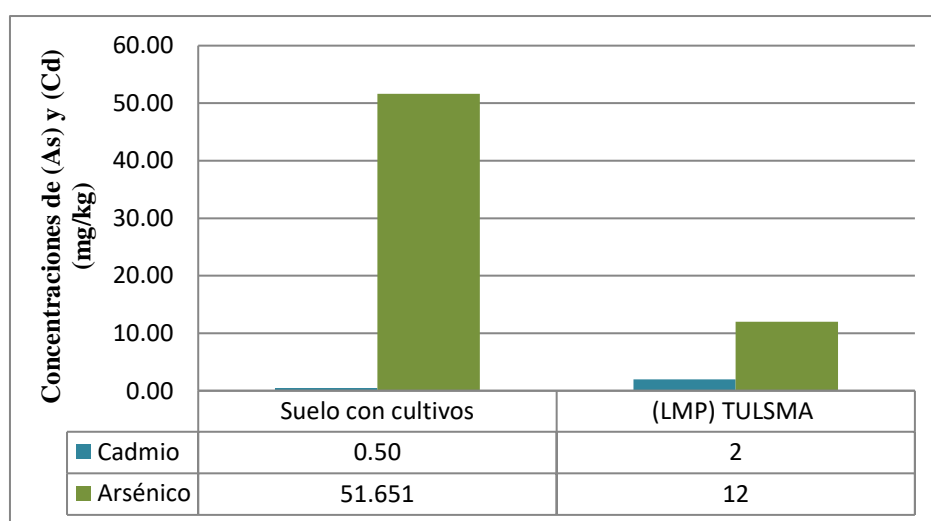
En la (Gráfico1), según los resultados obtenidos en el laboratorio acreditado, del primer muestreo realizado en suelo inicial, presentó una concentración de 40,031 mg/Kg de (As), superando los límites máximos permisibles de 5 mg/Kg, establecidos en el TULSMA, con respecto al criterio de calidad de suelo; debido al uso contante de agua de riego proveniente del afluente de los Ilinizas. (Imbago & Oña, 2019) afirma. “La parroquia de Toacaso ubicada en la provincia de Cotopaxi, presenta una elevada contaminación del agua con arsénico, proveniente de forma natural del Iliniza, llegando a concentraciones de 0.70 ppm” (p.13). Mientras el (Cd) presento una concentración de <0,5mg/Kg, el mismo que no supera los límites máximos permisibles de 0,5 mg/Kg, con respecto al criterio de calidad de suelo, debido a que el área de investigación no ha sido usada anteriormente para cultivos y contiene su concentración natural de 0,5 mg/Kg. El nivel promedio de cadmio en suelos ha sido ubicado entre 0,07 y 1,1 mg.kg⁻¹, con un nivel base natural que no excedería de 0,5 mg.Kg⁻¹, además de considerar que algunos suelos pueden tener niveles de cadmio elevados porque las rocas de las que se formaron tenían el elemento en su composición (Kabata-Pendias & Pendias, 2000).

En la (Tabla 11), con respecto a la media aritmética obtenido del primer y segundo muestreo de suelo, el (As) presentó una concentración de 45,841 mg/Kg, el mismo que esta fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa; mientras el (Cd) presentó una concentración de <0,5mg/Kg, el mismo que está dentro de los límites máximos permisibles; según el análisis de varianza se obtuvo los siguientes valores 67,512 (As) y 0 (Cd); en la desviación estándar valores de 8,22 (As) y 0 (Cd), y finalmente en porcentaje de error valores de -14,50 (As) y 0 (Cd).

10.1.2 Concentraciones de arsénico y cadmio, en el segundo muestreo de suelo.

A continuación, se encuentran las concentraciones (As y Cd), obtenidos en el segundo muestreo y posteriormente analizados en laboratorio, con sus límites máximos permisibles según la Normativa Nacional TULSMA, Anexo 2 y posteriormente comparan los resultados obtenidos para saber si cumple o no cumple con lo establecido de acuerdo a la normativa.

Gráfico 2. Tabulación de las concentraciones de arsénico y cadmio, con respecto al criterio de remediación – norma TULSMA.



Elaborado por: Carla Alvarez.

En la (Gráfico 2), los resultados obtenidos en el laboratorio acreditado, con respecto al segundo muestreo realizado en suelo con cultivos, presentó una concentración de 51,651 mg/Kg de (As); superando los límites máximos permisibles de 12 mg/Kg, establecidos en el TULSMA, referente al criterio de remediación, esto se debe a que los cultivos al absorber los metales pesados, estos ascendieron a la capa arable y se concentraron en mayor cantidad. Mientras el (Cd), presentó una concentración de

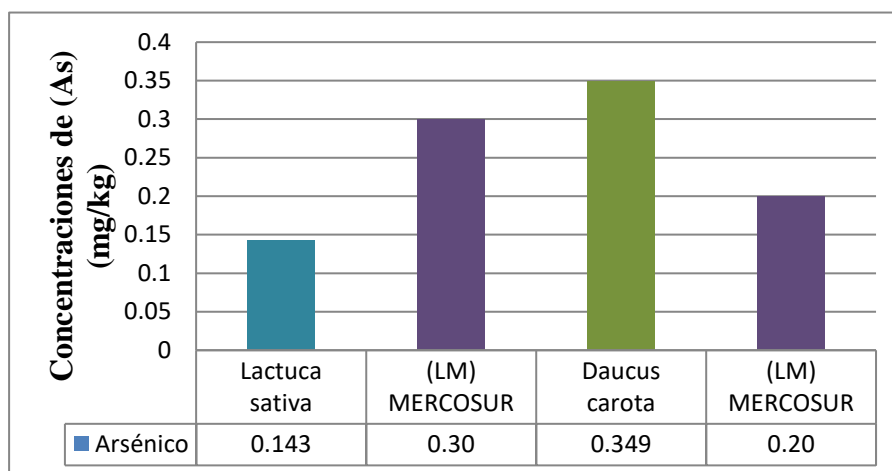
<0,5mg/Kg, el mismo que no supera los límites máximos permisibles de 0,5 mg/Kg, debido a que se mantiene con su concentración natural de 0,5 mg/Kg.

En la (Tabla 11), con respecto a la media aritmética obtenido de los muestreos de suelo, el (As) presentó una concentración de 45,841 mg/Kg, el mismo que esta fuera de los límites máximos permisibles establecidos en la normativa; mientras que el (Cd) presento una concentración de <0,5mg/Kg, que está dentro de los límites máximos permisibles; en el análisis de varianza se obtuvo los siguientes valores 67,512 (As) y 0 (Cd); en la desviación estándar valores de 8,22 (As) y 0 (Cd) y finalmente en porcentaje de error valores de 11,20 (As) y 0 (Cd).

10.1.3 Concentraciones de arsénico, en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*

A continuación, se encuentran las concentraciones de (As) en los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, obtenidos a partir de los análisis de laboratorio, con sus límites máximos según la Normativa Internacional de MERCOSUR y se comparan los resultados obtenidos para saber si cumple o no cumple con lo establecido de acuerdo a la normativa.

Gráfico 3. Tabulación de las concentraciones de arsénico, con respecto al Límite máximo establecido por el Reglamento Técnico de MERCOSUR.



Elaborado por: Carla Alvarez

Tabla 12. Tabulación de las concentraciones de (As) y (Cd), en los dos cultivos.

	HORTALIZAS													
	Lechuga	Zanahoria	N. Datos	M. Aritmetica	xi-x (L)	xi-x (Z)	(xi-x)²	(xi-x)²	Sumatoria	Varianza	Desviación	% de Error(L)	% de Error(Z)	
Cadmio	0,05	0,059	2	0,055	-0,0045	0,0045	2E-05	2E-05	4E-05	4,1E-05	0,006	-10	6,7	
Arsénico	0,143	0,349	2	0,246	-0,103	0,103	0,011	0,011	0,022	0,022	0,148	-72,02	29,5	

Elaborado por: Carla Alvarez

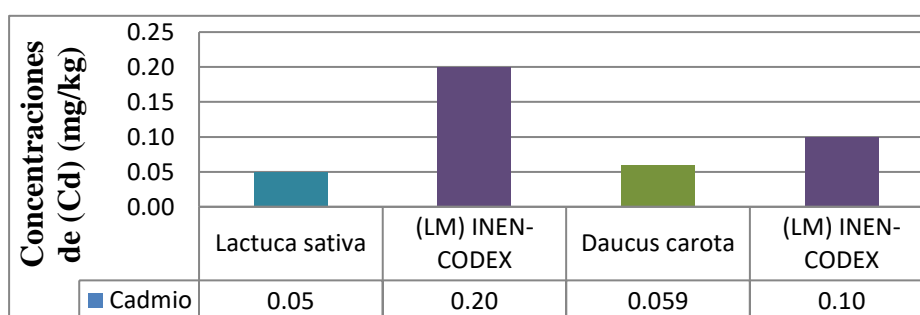
En la (Grafico 3), los resultados obtenidos en el laboratorio acreditado, con respecto al muestreo de cultivos, indican una concentración de 0,143 mg/Kg de (As) en *Lactuca sativa*, el cual no supera los límites máximos de 0,30 mg/Kg establecidos en el Reglamento Técnico de MERCOSUR, lo que indica que el cultivo si acumulo (As), pero la cantidad no fue suficiente como para provocar alteraciones en la calidad del mismo. Mientras el cultivo de *Daucus carota*, presentó una concentración de 0,349 mg/Kg, superando el límite máximo establecido de 0,20 mg/Kg, establecido en el reglamento, lo que indica que el cultivo al ser raíz-tallo, estuvo en mayor contacto con el suelo, acumulando mayor porcentaje del metal en la hortaliza. En general, la absorción de elementos traza por las plantas se ve afectado por la disponibilidad específica del cultivo en cuestión, y otros factores del suelo; entre los que se pueden señalar el pH, potencial redox (Eh), el contenido de materia orgánica (MO), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el régimen del agua (riegos), el contenido de arcilla (textura del suelo), el balance y concentración de nutrientes (Kabata-Pendias & Pendias, 2000)

En la (Tabla 12), con respecto a la media aritmética obtenido de los muestreos de los dos cultivos, el (As) presentó una concentración de 0,246 mg/Kg, el mismo que supera el límite máximo establecido en el Reglamento Técnico de MERCOSUR, con respecto a *Daucus carota*, de 0,20 mg/Kg, en el análisis de varianza se obtuvo el siguiente valor 0,022; en la desviación estándar un valor de 0,148 y finalmente en porcentaje de error un valores de -72,02 en cultivo de *Lactuca sativa* y 29,5 en el cultivo de *Daucus carota*.

10.1.4 Concentraciones de cadmio, en cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*

A continuación, se encuentran las concentraciones de (Cd) en los cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, obtenidos a partir de los análisis de laboratorio, con sus límites máximos según la Normativa Nacional INEN-CODEX 193 y se comparan los resultados obtenidos para saber si cumple o no cumple con lo establecido de acuerdo a la normativa.

Gráfico 4. Tabulación de las concentraciones de cadmio, con respecto al Límite máximo



establecido por la norma INEN-CODEX 193.

Elaborado por: Carla Alvarez

En la (Gráfico 4), los resultados obtenidos en el laboratorio acreditado, indican una concentración de $<0,05\text{mg/Kg}$ de (Cd) en *Lactuca sativa*, que no supera los límites máximos de $0,20\text{ mg/Kg}$ establecidos en la Normativa INEN-CODEX 193, lo que indica que el cultivo no acumulo suficiente (Cd), como para ocasionar un problema en la calidad de la hortaliza. Mientras *Daucus carota*, presento una concentración de $0,059\text{ mg/Kg}$, de igual manera no supera el límite máximo establecidos en la Normativa de $0,10\text{ mg/Kg}$, por lo que la cantidad de metal acumulado no representa un problema alimentario. Entre los factores de la planta que pueden influir en la cantidad de cadmio absorbido se encuentran: la especie, la edad y el desarrollo radicular. Algunos cultivos como lechuga, espinaca y nabo han sido considerados de alta absorción, mientras que otros como trigo, arroz, avena y trébol absorberían poco cadmio (Ferguson, 1990).

En la (Tabla 12), con respecto a la media aritmética obtenido de los muestreos de los dos cultivos, el (Cd) presentó una concentración de $0,055\text{ mg/Kg}$, el mismo que no superan los límites máximos establecidos en la normativa INEN-CODEX 193; en el análisis de varianza se obtuvo un valor de $0,000041$; en desviación estándar un valor de $0,006$ y finalmente en porcentaje de error valores de -10 en el cultivo de *Lactuca sativa* y $6,7$ en el cultivo de *Daucus carota*.

11 ALTERNATIVA PARA REMEDIACIÓN DE SUELOS AGRICOLAS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS ARSÉNICO Y CADMIO, EN LA PARROQUIA TOACASO

11.1 INTRODUCCIÓN

Las medidas de mitigación ambiental, constituyen el conjunto de acciones de prevención, control y compensación de impactos ambientales negativos. El fin es asegurar el uso sostenible de los recursos naturales involucrados y la protección del ambiente.

La alternativa de remediación en suelos contaminados tienen como objetivo identificar, valorar las distintas concentraciones de (As) y (Cd) en suelos y las especies vegetales usados durante el proceso de investigación, en el proceso de remediación de suelos agrícolas para lo cual mediante los resultados obtenidos se propone realizar la alternativa de mitigación.

La alternativa que se analiza, implica acciones para controlar la situación de incremento de concentraciones de metales pesados (As) y (Cd), obtenidos en los muestreos realizados en suelo y en los cultivos de las especies vegetales utilizadas en la investigación. Durante la ejecución de la actividad agrícola, en la parroquia Toacaso esto ayudará a la posible descontaminación de (As) y (Cd) del recurso suelo, es de mucha importancia realizar la **0,50** propuesta de alternativa para remediación en base a los resultados obtenidos de los análisis de suelo inicial donde se obtuvo concentraciones de (As) de 40,031 mg/Kg y <mg/Kg de (Cd); en suelo con cultivos se obtuvo concentraciones de (As) de 51,651 mg/Kg y < **0,50** mg/ Kg de (Cd); en el cultivo de *Lactuca sativa*, una concentración de 0,143 mg/Kg de (As) y < **0,050** mg/Kg de (Cd); finalmente en el cultivo de *Daucus carota*, una concentración de 0,349 mg/Kg de (As) y 0,059 mg/Kg de (Cd).

En base a la evaluación efectuada, la alternativa que se analiza a continuación, es la aplicación de los cultivos de cebolla larga (*Allium fistulosum*) y acelga (*Beta vulgaris var.cicla*), los mismos que por sus propiedades bioacumuladores de metales pesados y por ser cultivos de la zona, implicarían acciones destinadas a controlar la situación del incremento de concentraciones de metales pesados (As) y (Cd), en el suelo de acuerdo a los límites máximos permisibles, con respecto al criterio de calidad de suelo y criterio de remediación; establecidos en el TULSMA LIBRO VI, Anexo 2.

11.2 JUSTIFICACIÓN

La presente estrategia ayudaría a crear nuevas políticas ambientales que deben orientar a la ejecución del proyecto, Evaluación de la bioacumulación de (As) y (Cd), en cultivos

de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*, en suelos agrícolas de la parroquia Toacaso. Siendo necesario controlar la contaminación del suelo agrícola, asociado con la presencia de metales pesados. Una vez evidenciado los efectos negativos sobre el ambiente y la afectación a la salud de la población en base a los muestreos realizados.

Es preciso elaborar una alternativa de remediación con respecto a los impactos relacionados con la presencia de metales pesados. Con el propósito de mejorar la calidad del suelo agrícola y de la salud de los habitantes de la parroquia Toacaso. Por lo que es necesario tomar medidas para reducir la concentración de metales pesados en el suelo mediante la presentación de alternativas ambientales.

La alternativa de remediación del suelo agrícola contaminado por metales pesados (As) y (Cd), permitirá realizar diagnósticos del recurso suelo, para la posterior corrección de problemas de contaminación de suelo que pudieran a llegar a presentarse y que afecten al ambiente y a la salud de la población.

11.3 OBJETIVO

Establecer una alternativa de remediación para suelo agrícola contaminado por metales pesados (As) y (Cd), mediante la aplicación de cultivos de *Allium fistulosum* y *Beta vulgaris var. cicla*, en la Parroquia Toacaso.

11.4 METODOLOGÍA

Estrategia N° 1. Socializar los resultados del muestreo de suelo inicial y suelo preparado, realizados previamente.

Lugar de Ejecución: Parroquia Toacaso.

Responsable:

- GAD de la Parroquia Toacaso
- Autoridades sectoriales
- Universidad Técnica de Cotopaxi (Carrera Ingeniería en Medio Ambiente)

Tiempo de ejecución: La socialización se lo realizará durante 15 horas.

Actividad: Socializar los resultados de la investigación a la población, conjuntamente con las autoridades del GAD de la Parroquia Toacaso.

Contenido:

- Contaminación por metales pesados.
- Generación de metales pesados.
- Puntos estratégicos establecidos para los muestreos de suelo.
- Tipos de metales pesados muestreados.
- Protocolo de muestreo basado en la Normativa TULSMA LIBRO IV, ANEXO 2, Criterios de Toma de muestras.
- Resultados.
- Discusión de resultados.
- Comparación de resultados con la Normativa TULSMA LIBRO IV, Anexo 2.

Resultados esperados:

Con las temáticas expuestas se espera proporcionar una información fiable a los moradores del sector sobre la concentración de metales pesados (As) y (Cd), y como esto genera efectos negativos al ambiente, con el fin de concientizar a cada una de las personas de la importancia de disminuir las concentraciones de metales pesados y así poder contribuir a la descontaminación del recurso suelo, para mejorar la calidad del mismo y por ende aplicar el Sumak kawsay.

Estrategia N° 2. Capacitación sobre la calidad del suelo y los resultados de los muestreos realizados.

Lugar de Ejecución: Parroquia Toacaso.

Responsable:

- GAD de la Parroquia Toacaso
- Autoridades sectoriales
- Universidad Técnica de Cotopaxi (Carrera Ingeniería en Medio Ambiente)

Tiempo de ejecución: La capacitación se lo realizará durante 16 horas.

Actividad: Programar capacitaciones sobre la importancia de los muestreos para determinar la calidad del suelo agrícola y su incidencia en el ambiente y la salud.

Contenido:

- Contaminación del suelo por metales pesados, en base a la Normativa TULSMA LIBRO IV, Anexo 2.
- Fuentes naturales y antropogénicas de los metales pesados.
- Efectos negativos en el ambiente.
- Efectos sobre la salud.
- Informe de la concentración de metales pesados (As) y (Cd) en la parroquia, basado en la Normativa Ambiental vigente.

Resultados esperados:

La capacitación se lo realizará con la finalidad de concientizar a la población de la Parroquia Toacaso, sobre las consecuencias que provoca la contaminación por metales pesados en el recurso suelo.

Estrategia N° 3. Alternativa de remediación para el control de metales pesados de arsénico y cadmio, de fuentes naturales y antropogénicas.

Lugar de Ejecución: Parroquia Toacaso.

Responsable:

- GAD de la Parroquia Toacaso
- Autoridades sectoriales

Tiempo de ejecución: Trimestral

Actividad:

- Solicitar que el GAD Parroquial junto con las autoridades sectoriales, realicen estudios técnicos con el fin de encontrar una nueva fuente hídrica, libre de (As); que permita su uso como agua de riego.

- Pedir a las autoridades sectoriales la sociabilización de sus muestreos internos de calidad de suelo, agua, y alimentos.
- Aplicar nuevos cultivos acumuladores de metales pesados (As) y (Cd), como *Allium fistulosum* y *Beta vulgaris var. cicla*, para la fitorremediación de suelos.
- El GAD parroquial, deberá socializar con la población, nuevas alternativas de agricultura amigable con el ambiente, sin la necesidad de utilizar agroquímicos.

Resultados esperados:

Las siguientes especificaciones se realizarán, con la finalidad de ayudar a la descontaminación de (As) y (Cd), en suelos agrícolas de la Parroquia Toacaso. La alternativa propuesta se ejecutará en base a la Normativa TULSMA LIBRO VI, ANEXO 2, con el fin de poder constatar si las concentraciones de suelo que se obtuvieran en los respectivos muestreos superan o no los limes máximos permisibles, con respecto al criterio de calidad de suelo, y el criterio de remediación del mismo.

Estrategia N° 4. Seguimiento.

Lugar de Ejecución: Parroquia Toacaso.

Responsable:

- GAD de la Parroquia Toacaso
- Autoridades sectoriales
- Universidad Técnica de Cotopaxi (Carrera Ingeniería en Medio Ambiente)

Tiempo de ejecución: Mensual

Medida: Desarrollar un programa de monitoreo donde se considere más puntos de muestreo de (As) y (Cd), en la parroquia Toacaso.

12 IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

12.1 Impactos ambientales

El presente proyecto tendrá un aporte en el ámbito ambiental, mediante los resultados obtenidos sobre la posible contaminación del suelo y de especies vegetales con metales

pesados como Arsénico (As) y Cadmio (Cd), y mediante la aplicación de otras especies acumuladoras de metales pesados como: la cebolla larga (*Allium fistulosum*) y la acelga (*Beta vulgaris var.cicla*), se pretende ayudar a la recuperación y preservación del recurso suelo y así contribuir al desarrollo sostenible del ambiente.

12.2 Impactos sociales

El presente proyecto aportara al ámbito social, mediante los resultados obtenidos sobre la bioacumulación de metales pesados como Arsénico (As) y Cadmio (Cd), tanto en el suelo como en especies vegetales, mediante las autoridades competentes dar a conocer a la población en general del sector, para que puedan proponer medidas de mitigación y control, para mejorar la calidad de vida de la población del sector y de la provincia.

13 PRESUPUESTO

Tabla 13. Presupuesto para la elaboración del proyecto.

RECURSOS	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Materiales de Oficina	1	Esfero	\$0,30	\$0,30
	1	Lápiz	\$0,25	\$0,25
	1	Resma de hojas A4	\$4,0	\$4,0
Recursos Tecnológicos	1	Computadora (Internet mensual-6 meses)	\$150,0	\$150,0
	1	GPS (2 días)	\$15,0	\$30,0
Análisis de Laboratorio	4	Arsénico y Cadmio en suelo	\$42,0	\$168,0
	4	Arsénico y Cadmio en cultivos	\$72,0	\$288,0
Otros	2	Alimentación (6días)	\$2,50	\$30,0
	2	Transporte (6 días)	\$2,0	\$24,0
	500	Impresiones	\$0,10	\$50,0
			SUBTOTAL	\$744,65
Imprevistos 10%				\$74.465
			TOTAL	\$819.115

Elaborado por: Carla Alvarez

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Se determinó en los muestreos de suelo, concentraciones de 40,031 mg/Kg y 51,651 mg/Kg de (As); con respecto al (Cd) las dos muestras presentaron una

concentración de <0,5mg/Kg. El cultivo de *Lactuca sativa*, presentó una concentración de 0,143 mg/Kg de (As) y <0,05mg/Kg en (Cd); mientras el cultivo de *Daucus carota*, presentó una concentración de 0,349 mg/Kg de (As) y 0,059 mg/Kg de (Cd).

- La concentración de (As) tanto en suelo como en el cultivo de *Daucus carota*, sobrepasaron los límites máximos permisibles, establecidos en el TULSMA y en el Reglamento Técnico de MERCOSUR; mientras las concentraciones de (Cd) en suelo y en los cultivos se encuentran en los límites permitidos, en el TULSMA y la Normativa INEN-CODEX 193.
- La implementación de la nueva alternativa de remediación de suelos agrícolas contaminados por metales pesados (As) y (Cd), se realizará mediante la implementación de otras especies acumuladoras, como cebolla larga (*Allium fistulosum*) y acelga (*Beta vulgaris var. cicla*); que aportará a la mitigación de la contaminación de suelo en la Parroquia Toacaso y garantizará la calidad del mismo.

14.2 Recomendaciones

- Aplicar el protocolo de muestreo de suelo, establecido en la Normativa TULSMA y para el muestreo de cultivos con la Normativa INEN, con el fin de obtener buenas muestras, para que los resultados de laboratorio no se vean afectadas y sean reales.
- Para la valoración de las concentraciones de metales pesados obtenidos en suelo se deberán regir en la normativa TULSMA Anexo 2 y en los cultivos se deberá comparar con normativa nacional INEN-CODEX, con el fin de comparar de mejor manera los resultados obtenidos en laboratorio.
- Realizar un seguimiento mensual de la ejecución de la nueva alternativa, con el fin de garantizar que se cumpla y posteriormente generar datos reales, sobre la contaminación del suelo agrícola, para forjar un bienestar ambiental amigable y proteger la salud de la población.

15 REFERENCIAS

1. Adriano, D. (2001). *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*. New York: Springer-Verlag.
2. Baltazar, & Campos. (2012). Proteínas queladoras de metales pesados en plantas hiperacumuladoras. *Revista de ciencia y tecnología de la UACJ*, 21-30.
3. Barrionuevo, M. (2010). *Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniería Agropecuaria*. (ESPOCH, Ed.) Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/651/1/13T0674BARRIONUEVO%20MYRIAM.pdf> [consulta 02 de agosto de 2016]
4. Bautista, F. (1999). *Introducción al estudio de la contaminación del suelo por metales* (Vol. 1). UADY.
5. Bowen, H. (1979). *Environmental chemistry of the elements*. London, Uk: Academic Press.
6. Carranza, C. (2006). *Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agropecuario*. (E. P. Ecuador., Ed.) Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2590/1/T-ESPE-IASA%20I-003088.pdf> [consulta 02 de agosto de 2016]
7. Chicharro, A. (2010). *Impacto ambiental por metales pesados en suelos y plantas del entorno de un depósito de chatarra procedente de automóviles de desguace*. Obtenido de <http://revistademetalurgia.revistas.csic.es>
8. Cunningham et al. (1995). Phytoremediation of contaminated soils. *Trends Biotechnol*, 393-397.
9. D'Ambrosio. (2005). Arsénico en aguas: origen, movilidad y tratamiento. 123-136.
10. Fadda, G. (2017). Introducción a la Edafología. *Cátedra de Edafología*, 1-8.
11. FAO. (2003). *La horticultura y la fruticultura en el Ecuador*. Obtenido de www.fao.org/ag/agn/pfl_report_en/_.../Ecuador/Importancereport.doc

12. FAO. (02 de Mayo de 2018). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado el 29 de Enero de 2020, de <http://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/>
13. Ferguson, J. (1990). *The heavy metals: Chemistry, environmental impact and health effects*. Sydney: Pergamon.
14. Galvão, C., & Corey, G. (1997). *Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud*. Metepec: Organización Panamericana de la Salud.
15. Garzón, A. (2006). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de http://www.unep.org/chemicalsandwaste/Portals/9/Lead_Cadmium/docs/submissions/Submis_GOV_ECUADOR.pdf
16. Google earth. (Enero de 2019). *Google earth- mapa satelital*. Obtenido de <https://www.google.com/intl/es/earth/>
17. Grisolia, S., & Ortega, L. (2012). *El suelo edafología*. IES.
18. Guamán, C; Zuñiga, R. (2010). *Tesis Estudio Bioagronómico de 10 cultivos de lechuga*. Riobamba, Ecuador, Chimborazo. Obtenido de http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/altas_temperaturas.
19. Ibarra, A. (2009). *Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar al título de Ing.Agr.* (f. d. Universidad Agraria de la Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Editor) Obtenido de <http://www.monografias.com/trabajos92/metales-pesados-agriculturasostenible-tomate2.shtml>
20. Imbago, C., & Oña, E. (2019). *BIORREMEDIACIÓN DE AGUA CONTAMINADA CON ARSÉNICO PROVENIENTE DE LA PARROQUIA TOACASO, MEDIANTE EL USO DE Pleurotus ostreatus, Trichoderma harzianum y Pseudomonas aeruginosa*. Quito: Univesidad Politécnica Salesiana sede Quito.
21. INEC-GAD COTOPAXI. (2010). *Análisis Demográfico*. En *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025*.

22. INEC-GADML. (2010). Demografía. En G.-2. Equipo PD y OT, *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Latacunga (2016/2028)* (pág. 1). Latacunga.
23. INEC-GADPR-T. (2010). Proyecciones Demográficas Referenciales Intersensal. En G.-T. Equipo PD y OT, *Diagnóstico de la Parroquia Toacaso* (pág. 78).
24. INEN-CODEX. (2013). En *Norma general para los contaminantes y toxinas presentes en los alimentos y piensas* (pág. 29). Quito, Ecuador.
25. Jiménez, R. (2017). *Introducción a la contaminación de suelos*. (I. H. Úbeda, Ed.) Obtenido de https://books.google.co.jp/books?id=iZg6DwAAQBAJ&pg=PA7&lpg=PA7&dq=%22terminan+por+afectar+al+hombre,+animales,+plantas+y+en+general+al+medio+ambiente.%22&source=bl&ots=i4PqPn2s6w&sig=ACfU3U1p_B0gwXkiHHxvWLaXwzpZFESLGA&hl=ja&sa=X&ved=2ahUKEwjrxPDg1qrnAhWJ
26. Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (2000). *Trace elements in soils and plants* (Vol. Third Edition). USA: CRC Press.
27. Kumar, A., Dushenkov, V., Motto, H., & Raskin, I. (01 de Mayo de 1995). Phytoextraction: The use of plants to remove heavy metals from soils. *Environmental Science & Technology*, 29, 1239-1245.
28. Lillo, J. (2003). *Peligros geoquímicos: arsénico de origen natural en las aguas.*, 2007. Obtenido de www.aulados.net
29. López. (2003). *Universidad Complutense*. Obtenido de <http://www.analesranf.com/index.php/mono/article/viewFile/598/615>
30. Martin. (2000). Heavy Metals Trends in Floodplain Sediments and Valley Fill. *Catena* 39(1), 53-68.
31. MERCOSUR. (2011). *Reglamento Técnico MERCOSUR sobre límites máximos de contaminantes inorgánicos en alimentos*. FAO.
32. Miller, R. (1996). *Phytoremediation: Ground-Water Remediation*. Obtenido de http://www.environmental-expert.com/Files/0/articles/875/Phyto_o.pdf. Consulta: el 16 de julio de 2010


33. Ministerio del Ambiente. (2016). *Biblioteca del Ministerio del Ambiente-Ecuador*. Obtenido de <http://www.ambiente.gob.ec/biblioteca/>
34. Miranda, M. (2018). Niveles de arsénico y cadmio en muestras de cebolla (*Allium cepa*) expandidas en la ciudad de Lima.
35. Moreno, J. (2010). *Recuperación de suelos mineros contaminados con Arsenico mediante fitotecnologias*. España: Universidad Autónoma de Madrid.
36. Nriagu, J. (1990). Poisoning the biosphere?Environment. En *Global metal pollution* (págs. 28-33).
37. Núñez, A. (2011). *Determinación de metales pesados (aluminio, plomo, cadmio y níquel) en rábano (*Raphanus sativus L.*), brócoli (*Brassica oleracea L. var. italica*) y calabacín (*Cucurbita pepo L. var.italica*)*. Monterrey, Mexico.
38. OMS. (15 de Febrero de 2018). *Organización Mundial de la Salud*. Recuperado el 28 de Enero de 2020, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>
39. Osorio et al. (1997). *Introducción a la toxicología ambiental*. Metepec.
40. Papendick, R., & Parr, J. (1992). Soil Quality: The Key to a Sustainable Agriculture. *American Journal o Alternative Agriculture*, 2-3.
41. Plant, J. (2001). *Enviromental geochemistry at the global scale*. Applied geochemistry.
42. Plumlee, G. (1994). *Enviromental geology models of mineral deposits* (Vol. 16). SEG Newsletter.
43. Prieto, J. (2009). *Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelo y agua*. Obtenido de Tropical and subtropical Agroecosystems.: <http://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
44. Prieto, M. (2010). *Contaminación y fitoxicologia en plantas por metales pesados provenientes de suelo y agua*. Obtenido de [www. Redalyc.org](http://www.Redalyc.org).
45. Ramirez, A. (2002). *Toxicologia del Cadmio- Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biologicos* (Vol. 53). Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

46. Reyes et al. (2016). Contaminación por Metales Pesados: Implicaciones en salud, ambiente y salud alimentaria. *16(2)*, 66-77.
47. Romero, K. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*, *12(1)*, 45-46.
48. Sabroso, M., & Pastor, A. (2004). *Guía para suelos contaminados*. Obtenido de https://www.academia.edu/29109561/Gu%C3%ADa_sobre_suelos_contaminados
49. Santiago. (2015). *Guía para el control y prevención de la contaminación ambiental*. Obtenido de <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=0bbeacd9-d63b-e279-0b07-30ee5b789b68&documentId=fe694b15-6175-3870-83fd-fe76841a1188>
50. SINAGAP. (2012). *III Censo Nacional Agropecuario. Ecuador*. Obtenido de <http://sinagap.agricultura.gob.ec/estado-de-cultivos>
51. Smedley, & Kinniburgh. (2002). *A review of the source , behaviour and distribution of arsenic in natural waters* (Vol. 17). Pergamon.
52. Thangavel, P., & Subhram, C. (2004). Phytoextraction - Role of hyper accumulators in metal contaminated soils. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, *70(1)*, 109-130.
53. Tiscornia, J. (2002). *Hortalizas terrestres, bulbos, raíces, etc.* Buenos Aires, Argentina: Albatros.
54. TULSMA. (2015). *ANEXO 2 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS* (Vol. Registro Oficial Edición Especial 387). Quito, Ecuador.
55. Valero & Bergue. (s.f). *Efecto sobre la salud de la exposición laboral al cromo y sus compuestos*. Revision Sistemática.
56. Vangronsveld et al. (2009). Phytoremediation of contaminated soils and groundwater: lessons from the field. *Environ. Sci. Pollut*, *16*, 765-794.

57. Velasco, J. (2002). *Tecnologías de remediación para suelos contaminados*.
Obtenido de
<https://books.google.com.ec/books?id=mj9rVESCcC&pg=PA11&lpg=PA11&dq=%22Las+tecnolog%C3%ADas+de+remediaci%C3%B3n+pueden+actuar+conteniendo+la+contaminaci%C3%B3n,+separando+el+contaminante+del+suelo+o+destruyendo+el+contaminante.%22&source=bl&ots=k8eI-JRJ>
58. Vera, M. (2008). *Adaptación y comportamiento agronómico de diferentes híbridos de lechuga sembradas mediante sistemas hidropónicos de raíz flotante en la zona de Babahoyo*. Obtenido de
<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/201/6/T-UTB-FACIAG-AGR-000061.pdf>
59. Volke. (2015). *Suelos contaminados por metales y metaloides:muestreo y alternativas para su medicacion*. México, México.
60. Wolf-Boenisch, D. (2004). *The dissolution raster of natural glasses as a function of their composition*. *Geochimica et cosmochimica*.

ANEXOS

Anexo 1. Aval de traducción.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

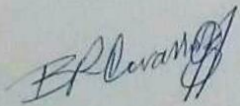
AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de tesis al Idioma Inglés presentado por la señorita Egresada de la Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales: **ALVAREZ AGAMA CARLA ESTEFANIA**, cuyo título versa **“EVALUACIÓN DE LA BIOACUMULACIÓN DE (As) y (Cd), EN CULTIVOS DE LACTUCA SATIVA Y DAUCUS CAROTA, EN SUELOS AGRÍCOLAS DE LA PARROQUIA TOACASO, PROVINCIA DE COTOPAXI, PERÍODO 2019-2020”**, 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 a la peticionaria hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimare conveniente.

Latacunga, febrero del 2020.

Atentamente,



Mg. Bolívar Maximiliano Cevallos Galarza
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0910821669



CENTRO
DE IDIOMAS

Anexo 2. Área de investigación.



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 3. Agua de riego utilizada proveniente de los afluentes de los Ilinizas.



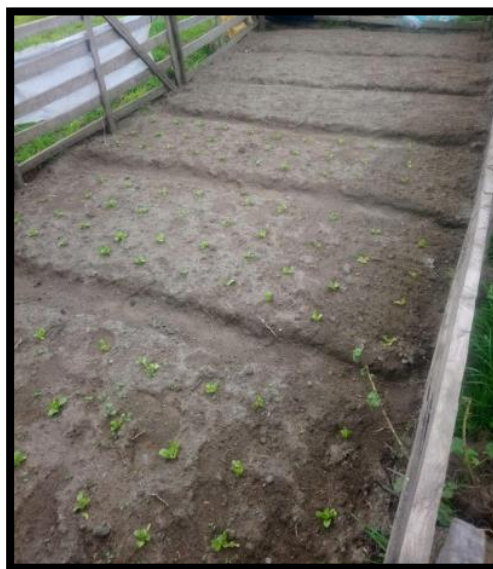
Elaborado por: Carla Alvarez.

Anexo 4. Terreno preparado para el cultivo de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 5. Terreno con cultivos de *Lactuca sativa* y *Daucus carota*.



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 6. Primer muestreo, suelo inicial.



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 7. Muestra recolectada del primer muestreo de suelo.



Elaborada por: Carla Alvarez.

Anexo 8. Segundo muestreo, suelo con cultivos.



Elaborado por: Carla Alvarez.

Anexo 9. Muestra Recolectada del segundo muestreo de suelo.



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 10. Muestreo de lechuga (*Lactuca sativa*).




Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 11. Muestreo de zanahoria (*Daucus carota*).



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 12. Análisis de laboratorio de suelo –Primer muestreo.



**LABORATORIO
LASA**
CONTROL AMBIENTAL

LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL SAE CON
ACREDITACIÓN
N° SAE LEN 06-002

INFORME DE RESULTADOS

SUPLEMENTO AL INFORME INF LASA 31-10-19-04444
ORDEN DE TRABAJO No. 19-5125

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: ALVAREZ AGAMA CARLA ESTEFANIA		DIRECCIÓN: CALLE AVELLANA Y QUITO CDLA. EL BOSQUE	
TELÉFONO/FAX: 0990195078	TIPO DE MUESTRA: SUELO	PROCEDENCIA: --	
IDENTIFICACIÓN: SUELO PREPARADO PARA LA SIEMBRA DE LECHUGA Y ZANAHORIA			CODIGO INICIAL: S1

Información suministrada por el cliente

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 22/10/19
FECHA DE ANÁLISIS: 22-31/10/19	FECHA DE ENTREGA: 31/10/2019	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 19-17450	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

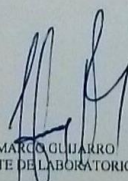
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	⁽¹⁾ VALORES DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CADMIO	mg/kg	<0,5	0,5	N.A.	PEE-LASA-FQ-51 EPA 7000 B
2	ARSÉNICO	mg/kg	40,031	12	N.A.	Absorción Atómica *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON * NO ESTÁN INCLUIDOS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE

⁽¹⁾ Valores de referencia tomados de Acuerdo Ministerial 097, Libro VI de la Calidad Ambiental, Tabla 1: Criterios de calidad del suelo
N.A.: No Aplica


NOTA: De acuerdo a los ensayos realizados la muestra remitida, no cumple con la norma en el parámetro arsénico. Sin tener en cuenta la incertidumbre asociada a la medida.



DR. MARCO GULLJARRO
GERENTE DEL LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasas.com)


Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasas.com
web: www.laboratoriolasas.com • Quito - Ecuador



Page 1 of 1

Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 13. Análisis de laboratorio de suelo –Segundo muestreo.



**LABORATORIO
LASA**
CONTROL AMBIENTAL

LABORATORIO DE
ENSAYO ACREDITADO
POR EL SAE CON
ACREDITACIÓN
N° SAE LEN 08-002

INFORME DE RESULTADOS

INF.LASA 06-01-20-05410
ORDEN DE TRABAJO No. 19-6346

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: ALVAREZ AGAMA CARLA ESTEFANIA		DIRECCIÓN: CALLE AVELLANA Y QUITO CDLA. EL BOSQUE	
TELÉFONO/FAX: 0990195078	TIPO DE MUESTRA: SUELO	PROCEDENCIA: LATACUNGA	
IDENTIFICACIÓN: SUELO CON CULTIVO DE LECHUGA Y ZANAHORIA			CODIGO INICIAL: S1
<i>Información suministrada por el cliente</i>			

INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 20/12/19
FECHA DE ANÁLISIS: 20/12/2019-06/01/2020	FECHA DE ENTREGA: 06/01/2020	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 19-21430	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

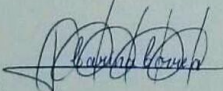
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	⁽¹⁾ VALORES DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CADMIO	mg/kg	<0,50	0,5	N.A.	PEE-LASA-FQ-51 EPA 7000 B
2	ARSÉNICO	mg/kg	51,651	12	N.A.	Absorción Atómica *

LOS ENSAYOS MARCADOS CON * NO ESTÁN INCLUIDOS EN EL ALCANCE DE ACREDITACIÓN DEL SAE

⁽¹⁾ Valores de referencia tomados de Acuerdo Ministerial 097, Libro VI de la Calidad Ambiental. Tabla 1: Criterios de calidad del suelo
N.A.: No Aplica


NOTA: De acuerdo a los ensayos realizados la muestra remitida, no cumple con la norma en el parámetro arsénico. Sin tener en cuenta la incertidumbre asociada a la medida.



(P)
DR. MARCO GUJARRO
GERENTE DE LABORATORIO


Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio
LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio
Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico
El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815
Celular: 099 9236 287 • e-mail: info@laboratoriolasa.com
web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador



Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 14. Análisis de laboratorio de (*Lactuca sativa*).



LABORATORIO LASA

 LABORATORIO DE ANALISIS DE ALIMENTOS Y PRODUCTOS PROCESADOS

INFORME DE RESULTADOS

INF LASA 06-01-20-05409
ORDEN DE TRABAJO No. 19-6346

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		
SOLICITADO POR: ALVAREZ AGAMA CARLA ESTEFANIA		DIRECCIÓN: CALLE AVELLANA Y QUITO CDLA. EL BOSQUE
TELÉFONO/FAX: 0990195078	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: LATACUNGA
IDENTIFICACIÓN: LECHUGA - CULTIVO DE LECHUGA EN SUELO AGRICOLA DE TOACASO		CODIGO INICIAL: M2 - FECHA MUESTREO: 20-12-2019 (07:10 am)

Información suministrada por el cliente

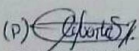
INFORMACIÓN DEL LABORATORIO		
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 20/12/19
FECHA DE ANÁLISIS: 20/12/2019-06/01/2020	FECHA DE ENTREGA: 06/01/2020	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)
CÓDIGO DE MUESTRA: 19-21429	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO	

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	⁽¹⁾ VALORES DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CADMIO	mg/kg	<0,05	Máx. 0,2	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
2	ARSÉNICO	mg/kg	0,143	-	N.A.	Absorción Atómica - Generación de Hidruros


⁽¹⁾ Valores de referencia tomados de Codex Alimentarius CODEX STAN 193-1995. Hortalizas de hoja
N.A.: No Aplica

NOTA: De acuerdo a los ensayos realizados la muestra remitida, cumple con la norma. Sin tener en cuenta la incertidumbre asociada a la medida.


 DR. MARCO GUIJARRO
 GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
 LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
 Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
 El laboratorio se compromete con la Imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)


Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
 Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
 e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador



Pag 1 de

Elaborado por: Carla Alvarez

Anexo 15. Análisis de laboratorio de (Daucus carota).


LABORATORIO LASA
 LABORATORIO DE ANALISIS DE ALIMENTOS Y PRODUCTOS PROCESADOS

INFORME DE RESULTADOS

INF LASA 06-01-20-05408
ORDEN DE TRABAJO No 19-6346

INFORMACIÓN DEL CLIENTE			
SOLICITADO POR: ALVAREZ AGAMA CARLA ESTEFANIA		DIRECCIÓN: CALLE AVELLANA Y QUITO CDLA. EL BOSQUE	
TELÉFONO/FAX: 0990195078	TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO	PROCEDENCIA: LATACUNGA	
IDENTIFICACIÓN: ZANAHORIA- CULTIVO DE ZANAHORIA EN SUELO AGRICOLA DE TQACASO		CODIGO INICIAL: MI -	FECHA MUESTREO: 20-12-2019 (07:30 am)

Información suministrada por el cliente

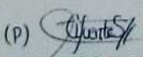
INFORMACIÓN DEL LABORATORIO			
MUESTREO POR: SOLICITANTE	FECHA DE MUESTREO: -	INGRESO AL LABORATORIO: 20/12/19	
FECHA DE ANÁLISIS: 20/12/2019-06/01/2020	FECHA DE ENTREGA: 06/01/2020	NÚMERO DE MUESTRAS: Una (1)	
CÓDIGO DE MUESTRA: 19-21428	REALIZACIÓN DE ENSAYOS: LABORATORIO		

ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

ITEM	PARÁMETROS	UNIDADES	RESULTADOS	⁽¹⁾ VALORES DE REFERENCIA	INCERTIDUMBRE U (k=2)	MÉTODO DE ENSAYO
1	CADMIO	mg/kg	0,059	Máx. 0,1	N.A.	Absorción Atómica - Horno de Grafito
2	ARSÉNICO	mg/kg	0,349	-	N.A.	Absorción Atómica - Generación de Hidruros


⁽¹⁾ Valores de referencia tomados de Codex Alimentarius CODEX STAN 193-1995. Hortalizas de tallo y raíz
N.A. No Aplica

NOTA: De acuerdo a los ensayos realizados la muestra remitida, cumple con la norma. Sin tener en cuenta la incertidumbre asociada a la medida.


 DR. MARCO GUJARRO
 GERENTE DE LABORATORIO

Prohibida la reproducción parcial por cualquier medio sin permiso por escrito del laboratorio.
 LASA se responsabiliza exclusivamente de los análisis, el resultado se refiere únicamente a la muestra recibida en el laboratorio.
 Los criterios de conformidad serán emitidos teniendo en cuenta el valor de la incertidumbre asociada al resultado y declarada por el método específico.
 El laboratorio se compromete con la imparcialidad y Confidencialidad de la información y los resultados (la aceptación de este informe implica la aceptación de la política relativa al tema y declarada en www.laboratoriolasa.com)

Av. de la Prensa N53-113 y Gonzalo Gallo • Teléfonos: 2469- 814 / 2269-012
 Juan Ignacio Pareja OE5-97 y Simón Cárdenas • Teléfono: 2290-815 • Celular: 099 9236 287
 e-mail: info@laboratoriolasa.com • web: www.laboratoriolasa.com • Quito - Ecuador



Página 1 de 1

Elaborado por: Carla Alvarez