



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO PARA USO
AGRÍCOLA EN LA PARROQUIA IZAMBA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES:

ALISSON NICOLE HERNÁNDEZ AVALOS

SOLANGE ALEXANDRA MEDINA MOYA

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO PARA USO
AGRÍCOLA EN LA PARROQUIA IZAMBA**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: ALISSON NICOLE HERNÁNDEZ AVALOS

SOLANGE ALEXANDRA MEDINA MOYA

DIRECTOR: DR. JULIO IDROVO

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Alisson Nicole Hernández Avalos & Solange Alexandra Medina Moya

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotras, Alisson Nicole Hernández Avalos y Solange Alexandra Medina Moya, declaramos que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autoras asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 04 de agosto de 2023



Alisson Nicole Hernández Avalos

C.I.: 172158953-7



Solange Alexandra Medina Moya

C.I.: 180377622-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO PARA USO AGRÍCOLA EN LA PARROQUIA IZAMBA**, realizado por las señoritas: **ALISSON NICOLE HERNÁNDEZ AVALOS** y **SOLANGE ALEXANDRA MEDINA MOYA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Dr. Bolívar Edmundo Flores Humanante PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-08-04
Dr. Julio César Idrovo Novillo, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-04
Dra. Lourdes Cumandá Carrera Beltrán, Mgs. ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2022-08-04

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi abuelito Julio Moya, que a pesar de que ya no se encuentre en este mundo siempre me apoyo y me ayudo a culminar mis estudios, quien me enseñó a no rendirme y me dio la fuerza para lograr esta gran meta. A mi padres Gustavo Medina y Tania Moya por ser mis pilares y guías incondicionales a lo largo de mi vida, que a pesar de todas los obstáculos, nunca se rindieron conmigo y por ser el amor más fuerte y grande que tengo, a mi abuelita María Mora por ser mi ángel siendo la luz de mi camino con sus consejos en este sendero universitario, a mi hermano Oscar Medina que a pesar de todo siempre está dispuesto a escucharme, a mi padrino Alexis Jácome por recomendarme la elección de esta hermosa profesión, a mis amigos Kathya, Alisson y Jessy (mis fufas), a Byron, Jessy H, Tannia, Majo, Sol, Gean, Paul, Luis, Santi, Ariel y Cris por ser mis compañeros y mi familia de vida universitaria, por las travesuras, ocurrencias, apoyo, cariño y anécdotas que siempre voy a llevar en mi corazón.

Solange

Quiero dedicar este trabajo de titulación a mi familia, quienes me han brindado apoyo incondicional en los momentos más difíciles. Agradezco especialmente a mis tías y a mi abuelita por cuidarme, aconsejarme y acogerme en su hogar durante mis estudios. También quiero expresar mi gratitud a mis padres, Carlos Hernández y Cecilia Avalos, así como a mis hermanos Kevin y Camila, quienes me han motivado a seguir adelante en todo momento. Agradezco enormemente a mis amigos por las aventuras compartidas y por cuidarme. Ellos, junto con las enseñanzas de mis padres, han sido fundamentales en mi formación como profesional. Quiero mencionar también a mi querida mascota, Mordelón, quien, aunque ya no esté conmigo, siempre estará en mi corazón por haberme acompañado durante tantos años. A todos ellos, les dedico este logro tan importante en mi vida.

Alisson

AGRADECIMIENTO

Agradecemos principalmente a Dios por ser nuestra fortaleza y ayudarnos a culminar la carrera, al Ing. Cristian Chuquin por ser nuestro docente, amigo, consejero y guía en desarrollo de nuestra tesis, a nuestro director de tesis el Dr. Julio Idrovo y a nuestra asesora la Ing. Cumandá Carrera por su conocimiento, apoyo, comprensión y paciencia para realizar este proyecto técnico, también agradecemos al grupo de investigación GAIBAQ por permitirnos adquirir nuevos conocimientos y al Dr. Celso Recalde por apoyarnos con el uso de los laboratorios.

Alisson y Solange

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY / ABSTRACT.....	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TÉORICO	6
2.1 Referencias teóricas	6
2.1.1 <i>Parroquia Izamba</i>	6
2.1.2 <i>Relieve</i>	6
2.1.3 <i>Cobertura de suelo</i>	6
2.1.4 <i>Clima</i>	8
2.1.5 <i>Agua de regadío</i>	8
2.2 Bases conceptuales	9

2.2.1	<i>Componentes de los fertilizantes</i>	9
2.2.2	<i>La Urea</i>	9
2.2.3	<i>Condiciones del suelo</i>	10
2.2.4	<i>Plaguicidas</i>	10
2.2.5	<i>Tipos de plaguicidas</i>	11
2.2.5.1	<i>Clasificación química de los plaguicidas</i>	11
2.2.6	<i>Importancia del estudio de la contaminación de suelos a causa de metales pesados</i> ..	11
2.2.7	<i>Fuentes de contaminación por metales pesados</i>	12
2.2.8	<i>Dinámica de los contaminantes en el suelo</i>	12
2.2.9	<i>Formas de retención y disponibilidad de metales en el suelo</i>	12
2.2.10	<i>Factores que afectan la disponibilidad de metales</i>	13
2.2.11	<i>Propiedades del suelo y su dinámica con los metales pesados</i>	14
2.2.11.1	<i>pH</i>	14
2.2.11.2	<i>Textura</i>	14
2.2.11.3	<i>Materia orgánica</i>	14
2.3	Propiedades de micronutrientes	15
2.3.1	<i>Manganeso</i>	15
2.3.2	<i>Hierro</i>	15
2.3.3	<i>Zinc</i>	15
2.4	Propiedades de los metales pesados	16
2.4.1	<i>Cromo</i>	16
2.4.2	<i>Cadmio</i>	16
2.4.3	<i>Plomo</i>	17
2.4.4	<i>Umbral de contaminación de los metales pesados en el suelo</i>	17
2.5	Determinación de metales pesados en muestra de suelo	18
2.5.1	<i>Digestión ácida</i>	18
2.5.2	<i>Espectroscopia de absorción atómica con atomizador por llama</i>	18
2.5.3	<i>Tipo de llama</i>	19
2.5.4	<i>Introducción de muestra</i>	19

2.5.5	<i>Proceso de atomización en la llama</i>	19
2.6	Base legal	19
2.6.1	<i>Constitución de la república del Ecuador (publicada en el registro oficial 449 del 20 de octubre de 2008)</i>	19
2.6.2	<i>Código Orgánico Ambiental (COA)</i>	20
2.6.3	<i>Acuerdo ministerial 097-A norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados</i>	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	22
3.1	Locación del lugar de estudio	22
3.1.1	<i>Descripción geográfica</i>	22
3.2	Técnicas y métodos de análisis	22
3.2.1	<i>Matriz de Leopold</i>	22
3.2.2	<i>Metodología de recolección de muestras</i>	24
3.2.3	<i>Metodología de encuestas</i>	24
3.2.4	<i>Método de muestreo</i>	24
3.2.5	<i>Preparación de muestra</i>	26
3.3	Análisis físico químico del suelo	26
3.3.1	<i>Determinación de pH</i>	26
3.3.2	<i>Determinación de conductividad eléctrica</i>	27
3.3.3	<i>Determinación de materia orgánica</i>	27
3.3.4	<i>Determinación de textura</i>	28
3.3.5	<i>Determinación de la densidad real</i>	29
3.3.6	<i>Determinación de densidad aparente</i>	30
3.4	Digestión de muestras de suelo para la determinación de metales pesados micro y macronutrientes	30
3.4.1	<i>Determinación de metales pesados por el método de absorción atómica de llama</i> ...31	
3.4.1.1	<i>Cadmio</i>	32

3.4.1.2	<i>Niquel</i>	32
3.4.1.3	<i>Plomo</i>	33
3.4.2	Macronutrientes	33
3.4.2.1	<i>Potasio</i>	33
3.4.2.2	<i>Sodio</i>	34
3.4.2.3	<i>Calcio</i>	34
3.4.3	Micronutrientes	35
3.4.3.1	<i>Zinc</i>	35
3.4.3.2	<i>Cobre</i>	35
3.4.3.3	<i>Hierro</i>	36
3.4.3.4	<i>Manganeso</i>	36
3.4.4	Metales pesados por generación de hidruros	37
3.4.4.1	<i>Mercurio</i>	37
3.4.4.2	<i>Arsenico</i>	37
3.4.4.3	<i>Selenio</i>	38
3.4.5	Determinación de fosforo por espectrofotometría UV	38
3.4.6	Determinación de nitratos, sulfatos y cromo (IV) por método de Hach	39
3.4.7	Determinación de cloruros por método Mohr	40
3.4.8	Determinación de carbono orgánico oxidable	41
3.5	Agua de riego agrícola	41
3.5.1	<i>pH</i>	41
3.5.2	Conductividad eléctrica	41
3.5.3	Turbidez	42
3.5.4	Sulfatos, nitratos, fosfatos y cromo	42
3.5.5	Coliformes fecales	42
CAPÍTULO IV		44
4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	44

4.1	Revisión ambiental inicial	44
4.1.1	<i>Identificación de los puntos de control ambiental</i>	44
4.2	Determinación del área de influencia directa	45
4.2.1	<i>Área de influencia directa</i>	45
4.3	Identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales	46
4.4	Análisis de las encuestas	47
4.5	Matrices de identificación y valoración de impactos ambientales	58
4.6	Resultados de pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica (MO), densidad y textura	63
4.6.1	<i>pH</i>	63
4.6.2	<i>Conductividad eléctrica</i>	64
4.6.3	<i>Contenido de materia orgánica (MO)</i>	64
4.6.4	<i>Densidad</i>	65
4.6.5	<i>Textura</i>	66
4.7	Micronutrientes	67
4.7.1	<i>Zinc</i>	67
4.7.2	<i>Cobre</i>	68
4.7.3	<i>Hierro</i>	68
4.7.4	<i>Manganeso</i>	69
4.8	Macronutrientes	70
4.8.1	<i>Potasio</i>	70
4.8.2	<i>Sodio</i>	71
4.8.3	<i>Calcio</i>	72
4.8.4	<i>Fosforo</i>	73
4.9	Sulfatos, nitratos y cloruros	74
4.9.1	<i>Sulfuros</i>	74
4.9.2	<i>Nitratos</i>	75
4.9.3	<i>Cloruros</i>	75
4.10	Carbono y nitrógeno	76

4.10.1	<i>Carbono</i>	76
4.10.2	<i>Nitrógeno</i>	77
4.11	Metales pesados	78
4.11.1	<i>Níquel</i>	78
4.11.2	<i>Cromo hexavalente</i>	79
4.11.3	<i>Mercurio</i>	80
4.11.4	<i>Arsenico</i>	81
4.11.5	<i>Selenio</i>	82
4.12	Agua de riego agrícola	83
4.12.1	<i>pH</i>	83
4.12.2	<i>Conductividad eléctrica</i>	83
4.12.3	<i>Turbidez</i>	83
4.12.4	<i>Sulfatos</i>	84
4.12.5	<i>Nitratos</i>	84
4.12.6	<i>Fosfatos</i>	84
4.12.7	<i>Cromo hexavalente</i>	84
4.12.8	<i>Coliformes fecales</i>	85

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
5.1	Conclusiones	86
5.2	Recomendaciones	87

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Uso actual del Suelo.....	7
Tabla 2-2: Cultivos permanentes	8
Tabla 2-3: Concentraciones geoquímicas.....	18
Tabla 3-1: Calificación de impactos ambientales	23
Tabla 3-2: Rangos de severidad.....	23
Tabla 3-3: Cadmio	32
Tabla 3-4: Níquel.....	32
Tabla 3-5: Plomo	33
Tabla 3-6: Potasio.....	33
Tabla 3-7: Sodio	34
Tabla 3-8: Calcio	34
Tabla 3-9: Zinc	35
Tabla 3-10: Cobre.....	35
Tabla 3-11: Hierro	36
Tabla 3-12: Manganeso.....	36
Tabla 3-13: Mercurio.	37
Tabla 3-14: Arsénico.....	37
Tabla 3-15: Selenio.	38
Tabla 3-16: Fosforo.	39
Tabla 4-1. Identificación de aspectos ambientales.....	46
Tabla 4-2. Matriz causa-efecto	58
Tabla 4-3. Matriz de Leopold	59
Tabla 4-4: Resultados de análisis de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y densidad	63
Tabla 4-5: Resultados de análisis de textura	66
Tabla 4-6: Resultados de análisis de micronutrientes.	67
Tabla 4-7: Resultados de análisis de macronutrientes.	70

Tabla 4-8: Resultados de análisis Sulfatos, Nitratos y Cloruros.....	74
Tabla 4-9: Resultados de análisis de carbono y nitrógeno	76
Tabla 4-10: Resultados de análisis de metales pesados.	78
Tabla 4-11: Resultados de análisis de agua de riego agrícola.	83

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1: Entrevista a agricultores del sector de Izamba	24
Ilustración 3-2: Muestreo de suelos.....	25
Ilustración 3-3: Preparación de muestras.....	26
Ilustración 3-4: pH y conductividad.	27
Ilustración 3-5: Determinación de Textura.	28
Ilustración 3-6: Triangulo de Textura.....	29
Ilustración 3-7: Digestión ácida.	31
Ilustración 3-8: Digestión ácida.	31
Ilustración 3-9: Determinación de Fosforo.	39
Ilustración 3-10: Determinación de Nitratos, Sulfatos y Cromo (IV).	40
Ilustración 3-11: Determinación de Cloruros.....	40
Ilustración 3-12: Determinación de Carbono Orgánico Oxidable.....	41
Ilustración 3-13: Determinación de Carbono Orgánico Oxidable.....	42
Ilustración 3-12: Determinación de Carbono Orgánico Oxidable.....	43
Ilustración 4-1: Mapa de ubicación de la zona de estudio	45
Ilustración 4-2: Actividad agropecuaria más desarrollada en la parroquia Izamba	47
Ilustración 4-3: Productos agrícolas más cultivados en la parroquia Izamba	48
Ilustración 4-4: Extensiones del terreno para agricultura en la parroquia Izamba	49
Ilustración 4-5: Plaguicidas más usados en la agricultura de la parroquia Izamba	50
Ilustración 4-6: Periodos de fumigación en la agricultura de la parroquia Izamba	51
Ilustración 4-7: Fertilizantes más usados en la agricultura de la parroquia Izamba.....	52
Ilustración 4-8: Nutrición de terrenos.....	53
Ilustración 4-9: Vegetales producidos en la parroquia Izamba.....	54
Ilustración 4-10: Cuantos días a la semana se consume los productos agrícolas de la parroquia Izamba.....	54
Ilustración 4-11: Años de consumo de los productos agrícolas de la parroquia Izamba.....	55

Ilustración 4-11: Alteración en la salud por el consumo de los productos agrícolas de la parroquia Izamba.....	56
Ilustración 4-12: Parte del cuerpo afectada por el consumo de los productos agrícolas de la parroquia Izamba.	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA DE PLAN DE MUESTREO DE LA PARROQUIA DE IZAMBA.

ANEXO B: ENCUESTA APLICADA A LA POBLACIÓN DE IZAMBA PARA EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA SALUD.

ANEXO C: MUESTREOS Y OBTENCION DE ENCUESTAS.

ANEXO D: ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE SUELO CULTIVABLE.

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON ATOMIZACIÓN DE LLAMA Y MÉTODO DE HACH.

ANEXO F: ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE AGUA DE RIEGO AGRICOLA.

RESUMEN

La parroquia Izamba del cantón Ambato perteneciente a la provincia de Tungurahua se ha caracterizado por su productividad en el sector agrícola, al paso del tiempo los agricultores se han visto obligados indirectamente por los proyectos de urbanización, la oferta y la demanda de sus productos, aumentar la producción con ayuda de fertilizantes no orgánicos, la urea y cueros de curtiembre sin considerar las consecuencias negativas en la calidad del suelo y su salud. El presente proyecto técnico tuvo como objetivo evaluar la incidencia de metales pesados por el uso de fertilizantes no orgánicos y su impacto ambiental en suelos agrícolas de la parroquia Izamba del cantón Ambato. Para ello se realizó una recopilación de datos a través de una línea base topográfica en la cual se seleccionaron 15 puntos a muestrear por el método al azar, se aplicaron encuestas a la población de agricultores, identificando aspectos económicos, sociales y ambientales del sector. Con las muestras de suelo recolectadas se analizó por triplicado parámetros físico-químicos, estableciendo que el suelo tiene una textura franco arenoso con un pH neutro alcalino, para complementar la calidad del suelo agrícola se analizó el contenido de macronutrientes y micronutrientes donde se pudo constatar un desequilibrio en cuanto a la cantidad de nutrientes que posee. En cuanto al estudio de metales pesados comparados con el acuerdo ministerial 97A de la Constitución de la República del Ecuador y con la ayuda de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) se pudo constatar que níquel, arsénico, mercurio y selenio se encuentran dentro de los parámetros permisibles establecidos, sin embargo en cuanto a la concentración de cromo hexavalente se encuentra fuera del límite aceptable, lo cual evidencia problemas de contaminación que afectan la calidad del suelo y posiblemente la salud de los agricultores y el consumidor.

Palabras clave: <IZAMBA (PARROQUIA)>, <METALES PESADOS>, <MACRONUTRIENTES>, <MICRONUTRIENTES>, <CONTAMINACIÓN>, <SUELO>, <AGRICULTORES>, <CROMO>

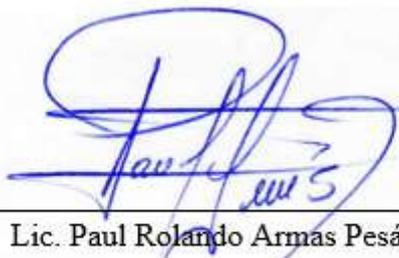
1731-DBRA-UPT-2023



SUMMARY / ABSTRACT

Izamba rural parish, located in Ambato County, Tungurahua province has been characterized by its productivity in the agricultural area, over time farmers have been indirectly forced by urbanization projects, the supply and demand for their products, the increase in the production, together with the use of non-organic fertilizers, urea and leather for tannery, even without considering the negative consequences for the soil quality and health. The aim of this technical project was to evaluate the incidence of heavy metals due to the use of non-organic fertilizers and their environmental impact on agricultural soils of Izamba rural parish, located in Ambato County. So, it was necessary to collect data through a topographic baseline in which 15 points were selected to be sampled by the random method, surveys were also applied to the farming population identifying economic, social and environmental aspects of the area. The soil samples collected were analyzed in triplicate for physical-chemical parameters and the result was that the soil has a sandy loam texture with a neutral alkaline pH. To complement the quality of the agricultural soil, the macronutrient and micronutrient content was analyzed, showing an imbalance in the amount of nutrients it contains. As for the study of heavy metals compared with the 97A ministerial agreement found in the Constitution of the Republic of Ecuador and with the help of the Environmental Protection Agency of the United States (EPA), it was evidenced that nickel, arsenic, mercury and selenium are within the established permissible parameters, but the concentration of hexavalent chromium exceeds the permissible limits, this evidences contamination problems that affect the quality of the soil and probably the farmers and consumers' health.

Keywords: <IZAMBA (RURAL PARISH)>, <HEAVY METALS>, <MACRONUTRIENTS>, <MICRONUTRIENTS>, <CONTAMINATION>, <SOIL>, <FARMERS>, <CHROMIUM>



Lic. Paul Rolando Armas Pesántez Mgs.
0603289877

INTRODUCCIÓN

Las faenas agrícolas cumplen con la producción de hortalizas y legumbres de ciclo corto de vida que se dan en la zona, comercializando en su totalidad los productos en el mercado local, y vendiendo la misma a los intermediarios que acuden al lugar, y como resultado de esta comercialización, obtener mayores ganancias que los productores, tomando en cuenta que apenas se recupera la inversión y no existen sobrantes producto de la venta para el ahorro y la satisfacción de otras necesidades; lo que como consecuencia provoca la sobreproducción de monocultivos con mayor cantidad de fertilizantes, pesticidas, herbicidas y plaguicidas químicos (Cepeda, 2013).

Considerando que la Provincia de Tungurahua, y en este caso particular la parroquia Izamba, es uno de los sectores principales de producción y proveedor de alimentos, que cuenta con el talento humano y factores agroclimáticos que favorecen una producción de buena calidad, lo que lo diferencia con otras provincias, posicionándolo como uno de los mejores exportadores en los nichos de mercado nacional e internacional, sin embargo, es de gran importancia asumir los riesgos que conlleva esta producción y exportación en la imagen del sector y el país (Colombia, Perú) (Cepeda, 2013).

La industria del cuero es otra de las principales actividades económicas de la provincia de Tungurahua; según la cámara de calzado, se procesa entre el 90% del cuero y el 67% del calzado a escala nacional, registrándose como proveedor de la materia prima, un estimado de 50 curtiembres. Así mismo, como se mencionó anteriormente, esta provincia es considerada una de las más productivas del país, según el Ministerio de agricultura tiene aproximadamente 45000 hectáreas cultivables. sin embargo, las comunidades aledañas a los ríos Ambato y Pachanlica, se ven afectadas debido al depósito de las aguas servidas, descarga de desechos de curtiembre, entre otras (Medina y Pozo, 2013, pp. 3-20).

Aunque el suelo tiene cierta capacidad para neutralizar la carga contaminante recibida, los niveles de contaminación deben controlarse para evitar el daño de su estructura con la consecuente disminución de la producción agrícola y la aceleración de la erosión. Todos los contaminantes de la producción de curtido, tienen un impacto sobre el suelo, pero los más importantes son el cromo, que puede alterar en algunos casos el crecimiento y desarrollo de los cultivos; y el sodio, que altera el índice de absorción de sodio. Los sustitutos del cromo como el titanio, circonio y el aluminio son también perjudiciales para el crecimiento vegetal

(Fernández, 2015).

Los efectos en animales que ingieren compuestos de cromo (VI) son irritación y úlceras en el estómago, intestino delgado y anemia, así como también muestran daño en los espermatozoides y el sistema reproductivo del macho. En las aguas residuales obtenidas después del proceso de curtido, el cromo se encuentra en mayor proporción en su forma trivalente que es menos tóxica; sin embargo, puede transformarse a su forma hexavalente en el agua y suelo, según las condiciones existentes (Medina y Pozo, 2013).

Debido a la falta de sistemas de depuración más del 95 % de las aguas residuales se vierten directamente a los ríos sin ningún tratamiento previo. Adicionalmente una gran variedad y cantidad de sustancias químicas provenientes principalmente de efluentes industriales son descargadas directamente en los cuerpos receptores (ríos y quebradas) y en el alcantarillado sanitario, lo cual causa el deterioro de la calidad de los cuerpos de agua y destruye la infraestructura del alcantarillado lo que en ambos casos causa un impacto negativo a los recursos hídricos. El agua de este río llega hasta los sembríos que es perjudicial para los mismos (Martínez y Quisphe, 2011).

Según (Martínez y Quisphe, 2011) en el plan de desarrollo de la parroquia de Izamba, las enfermedades más comunes que padecen los agricultores/as, son estomacales. Además, indican también haber tenido problemas de intoxicación por el mal manejo de los pesticidas y la poca protección que utilizan para realizar las labores agrícolas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

La parroquia de Izamba cuenta actualmente con una población de 14.563 habitantes. Se encuentra situada al norte de la ciudad de Ambato, a una distancia de 5 km, siguiendo la carretera panamericana norte. Limita con las parroquias de Unamuncho, río Ambato, Atahualpa y río Culapachán. Su extensión territorial abarca 27,2 km² y se encuentra a una altitud promedio de 2.500 metros sobre el nivel del mar. Está compuesta por urbanizaciones, ciudadelas, caseríos y barrios que se encuentran divididos en sectores. Las actividades agrícolas se llevan a cabo mediante la siembra de productos, hortalizas y legumbres de ciclo corto propios de la zona, y la totalidad de su producción se comercializa en el mercado local (Cepeda, 2013, pp. 98).

Para cubrir la demanda agrícola nacional, los agricultores han recurrido a la siembra excesiva de monocultivos, como consecuencia de esta acción la tierra pierde fertilidad y se aumenta la plaga. En respuesta a esta problemática, el sector agricultor indicó en una entrevista, haber utilizado cueros de curtiembre más de una vez en sus cultivos, en la actualidad muy pocas personas siguen ocupando este residuo como fertilizante, pero cuando el suelo deja de producir, recurren a solicitar en tiendas agronómicas fertilizantes con cromo y plaguicidas muy fuertes (Silva y Salinas Morales, 2022, pp. 69-80).

Una de las dificultades del uso de sales de Cr en el proceso de curtido es la cantidad de curtiente que no se adhiere y permanece en los efluentes y lodos de tratamiento, lo cual limita la reutilización de los residuos, especialmente aquellos que contienen este metal. La cantidad de este residuo dependerá de la eficiencia específica del proceso de curtido y se ve influenciada por variables como la concentración del metal, el tiempo de operación, la temperatura y el pH del baño de curtido. En los suelos, el Cr³⁺ es relativamente inmóvil debido a su alta capacidad de adsorción, mientras que el Cr⁶⁺ es altamente inestable (Chávez Porras, 2010, pp. 41-50).

En su forma hexavalente, se sabe que el cromo es tóxico para los humanos y los animales, por lo que debe manipularse con extremas condiciones de seguridad (Dietrich y Kleban, 2013, pp. 12). Por otro lado, los plaguicidas utilizados en cantidades excesivas pueden producir en los agricultores y consumidores intoxicaciones agudas y crónicas (OÑA y PAREDES, 2018, pp. 101).

1.2 Justificación

La agricultura es una de las principales actividades llevadas a cabo en el cantón de Ambato. En la Parroquia de Izamba, se encuentra la comunidad de Agricultores, situada en el Sector de Quillán Loma. Esta comunidad se dedica principalmente a la siembra de productos, hortalizas y legumbres de ciclo corto que son propios de la zona. La totalidad de su producción es comercializada tanto en el mercado local como nacional. Sin embargo, esta actividad agrícola ha generado diversos problemas, incluyendo un significativo impacto ambiental y posibles riesgos para la salud (Cepeda, 2013, pp. 98).

El suelo en esta área ha experimentado un deterioro debido al cultivo único, la producción a gran escala y la demanda de los consumidores de vegetales grandes y libres de imperfecciones causadas por insectos. Como resultado, el suelo ha perdido su fertilidad, lo que obliga a los agricultores a utilizar fertilizantes cada vez más potentes o perjudiciales para sus diversos cultivos. Además, se emplean insecticidas y herbicidas durante todo el proceso de crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta situación forma un ciclo perjudicial, ya que todos los contaminantes se dispersan en el agua, el suelo y el aire, afectando la flora y la fauna autóctonas. Como consecuencia, se produce una pérdida de biodiversidad y se observan enfermedades a corto y largo plazo en la población (OÑA y PAREDES, 2018, pp. 101).

El objetivo de esta investigación es realizar una revisión bibliográfica comparativa para evaluar las características fisicoquímicas del suelo. Los resultados obtenidos a partir de esta evaluación serán utilizados para identificar posibles soluciones y alternativas que puedan beneficiar a los agricultores de la Parroquia Izamba, tanto en términos de rentabilidad como para salvaguardar la salud del consumidor.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la incidencia de metales pesados por el uso de fertilizantes no orgánicos y su impacto ambiental en suelos agrícolas de la parroquia Izamba.

1.3.2 Objetivos específicos

- Determinar la línea base de las zonas agrícolas de la parroquia Izamba por medio de cartografía para la obtención de los puntos de muestreo.

- Analizar la concentración de metales pesados y parámetros fisicoquímicos en suelos intervenidos por uso de fertilizantes no orgánicos en las zonas de estudio.
- Establecer los impactos ambientales y de salud relacionados con metales pesados provenientes de los fertilizantes no orgánicos y plaguicidas utilizados en suelos agrícolas de la parroquia Izamba.

CAPÍTULO II

2. MARCO TÉORICO

2.1 Referencias teóricas

2.1.1 *Parroquia Izamba*

La parroquia Izamba está entre las 18 parroquias que pertenecen al cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Está ubicada a 6 km al Noroeste de la ciudad de Ambato, sus coordenadas son: 1° 13' latitud Sur y 78° 35' longitud Oeste (PDOT, 2015, pp. 47-100). La parroquia se encuentra delimitada con la parroquia Unamuncho, río Ambato, parroquia Atahualpa y el río Cutuchi (PDOT, 2015, pp. 47-100).

La parroquia Izamba al igual que el resto del territorio nacional se ve involucrada en los problemas ambientales a causa de la actividad antropogénica, ya que en este sector se ha concentrado la sobre explotación de los recursos a causa de la necesidad de producir las tierras, lo que ha provocado concurrentes deslaves, erosión del suelo, pérdida de biodiversidad, entre otros (PDOT, 2015, pp. 47-100).

2.1.2 *Relieve*

La altitud de la parroquia varía entre 2240 y 2680 msnm, presenta una superficie irregular en la cual el 38.59% tiene una pendiente mayor al 70%, mientras que el 27.34% presenta una pendiente entre 12 – 50% y el restante 34.06%, además se encuentra rodeada de seis quebradas las cuales son: Quindulli, Pisocucho, Huagra Corral, Chasinato y Quebrada Seca, mismas que son un desfogue natural y sirven como un pulmón para la parroquia (PDOT, 2015, pp. 47-100).

2.1.3 *Cobertura de suelo*

Izamba posee alrededor de un 80% de sus suelos destinados a la producción agrícola, entre los suelos que podemos hallar están los arenosos, arcillosos, rocosos 26 en los que normalmente predomina el cultivo de vegetales como brócoli, lechugas, col o repollo, coliflor, alfalfa, maíz, entre otros.

Tabla 2-1: Uso actual del Suelo

Uso Actual Del Suelo	Superficie (ha)	(%)
Páramo	0,00	0,00
Pastos	289,00	10,00
Cultivos	1163,07	40,00
Pastos y cultivos	1163,07	40,00
Zonas erosionadas	279,00	9,70
Zonas abandonadas	0,00	0,00
Zona rural amanzanada	0,00	0,00
Zonas extractivas e industriales	10,00	0,30
TOTAL	2904,14	100

Fuente: (PDOT, 2015, pp. 47-100).

Tabla 2-2: Cultivos permanentes

Cultivos permanentes	Superficie (ha)	% sobre el total de las áreas destinadas a Producción
Remolacha	0,20	10,42
Lechuga	0,20	10,42
Col	0,20	10,42
Tomate Riñón	0,16	8,33
Brócoli	0,19	9,90
Acelga	0,12	6,25
Apio/Perejil	0,10	5,21
Maíz	0,19	9,90
Cebolla	0,15	7,81
Aguacate	0,23	11,98
Granadilla	0,18	9,38
Total	1,92	100,00

Fuente: (PDOT, 2015, pp. 47-100).

2.1.4 Clima

Según Pierre Pourrut (1995), citado por el PDOT (2015), la parroquia tiene un clima clasificado como “ecuatorial mesotérmico seco y ecuatorial mesotérmico semihúmedo”. En cuanto a la precipitación se ubica en valores comprendidos entre 250 y 750 mm, mismo que dependen de la temporada y posee una temperatura comprendida entre 10 – 16°C (PDOT, 2015, pp. 47-100).

2.1.5 Agua de regadío

Según el PDOT (2015), la parroquia Izamba se abastece del agua de regadío del canal Latacunga – Salcedo – Ambato, que abastecen al 80% de la población productora de hortalizas de Quillanloma y para el consumo humano del Proyecto Quillán Alemania que abastece al 98.57% parroquia de Izamba, además el 100% de problemas ambientales que está afectando a la comunidad son las fumigaciones frecuentes que realizan los agricultores/as por el uso inadecuado de los pesticidas (OÑA y PAREDES, 2018, pp. 101).

La parroquia cuenta también con el agua de riego de las acequias Chacón Sevilla y Tilulum-Darquea, cuyo principal abastecimiento proviene del río Ambato, el cual tiene un nivel de contaminación elevado debido a que “recibe la descarga de las aguas negras de más de 120.000 habitantes. A esto se añade los residuos de 65 curtiembres; los deshechos que producen las fábricas de alimentos; los detritos de tres cromadoras, 105 lubricadoras, 30 lavadoras de vehículos”, por tal motivo el río queda con grandes contenidos de “boro, cromo, cal, ácido fórmico, sulfato de amonio, aceites, grasas, fungicidas y pesticidas” con lo que posteriormente los agricultores proceden a regar las parcelas (Urgiles, 2013, pp. 45-55).

2.2 Bases conceptuales

2.2.1 Componentes de los fertilizantes

La composición de un fertilizante se refiere a la cantidad de nutrientes que contiene. En el caso de los fertilizantes simples, se consideran las siguientes unidades para calcular su composición: N, P₂O₅, K₂O, CaO y MgO, mientras que el resto de los nutrientes se expresan en su forma elemental. Por otro lado, la composición de un fertilizante compuesto se indica mediante tres números que representan los porcentajes de N, P₂O₅ y K₂O, y se conoce como la concentración, que es la suma de la cantidad de estos tres elementos presentes en el fertilizante compuesto (Arévalo, 2013, pp. 13).

Con el fin de mantener los niveles de producción agrícola, la demanda global de fertilizantes nitrogenados experimentó un aumento de 108,2 millones de toneladas (t) en 2011 a 109,9 millones de t en 2012, con una tasa de crecimiento del 1,6%. En 2018, se produjeron 116,0 millones de t, con un crecimiento del 1,3%. De este incremento total de la demanda, el 50% provendría de Asia, el 16% de Estados Unidos de América, el 13% de Europa, el 7% de África y el 1% de Oceanía. En América, se espera que la mayor parte del aumento sea en América Latina, representando el 13%, con especial énfasis en Brasil, Argentina, Colombia y México. Por lo tanto, se estima que el 55% de todo el fertilizante a base de nitrógeno producido en 2019 será urea (Morales Morales et al., 2019, pp. 1875-1886).

2.2.2 La Urea

La urea es un sólido blanco cristalino soluble en agua y su presentación es granulada o perlada. Entre los fertilizantes sólidos es la fuente Nitrogenada de más alta concentración con grandes ventajas en términos económicos y de manejo de cultivos altamente demandantes de Nitrógeno.

Se hidroliza con rapidez por efecto de la enzima “ureasa” produciéndose iones de Amonio y de Amoniac. En suelos con aplicaciones superficiales de Urea se pierde Amoniac (NH_3) por volatilización, el Amonio (NH_4^+) es absorbido por las arcillas y la materia orgánica del suelo y es eventualmente nitrificado o absorbido directamente por las plantas (Morales Morales et al., 2019, pp. 1875-1886).

Las plantas absorben la mayoría del Nitrógeno en forma de iones Amonio (NH_4^+) o Nitrato (NO_3^-) y en muy pequeña proporción lo obtienen de aminoácidos solubles en agua. Los cultivos absorben la mayor parte del Nitrógeno como nitratos, sin embargo, estudios recientes demuestran que los cultivos usan cantidades importantes de Amonio estando este presente en el suelo. En el proceso de Nitrificación al convertir (NH_4^+) en (NO_3^-), se liberan iones H^+ , este proceso produce acidez en el suelo (Morales Morales et al., 2019, pp. 1875-1886).

2.2.3 Condiciones del suelo

La intensidad del efecto acidificante del fertilizante nitrogenado en el suelo varía según el pH inherente del suelo y su capacidad para regularlo. La capacidad reguladora, también conocida como poder buffer, se refiere a la capacidad del suelo para resistir cambios en su pH cuando se le agregan iones H^+ provenientes de fertilizantes nitrogenados. Esta capacidad está determinada por la cantidad y naturaleza del complejo coloidal (arcilla + materia orgánica del suelo) y la naturaleza de los cationes que saturan dicho complejo (Mónica F. Boccolini, 2016, pp. 15-16).

2.2.4 Plaguicidas

Desde finales del siglo XIX, los plaguicidas han sido utilizados como sustancias, con un desarrollo que se vio influenciado por las dos guerras mundiales, y un punto de inflexión en la década de 1930 con el descubrimiento del DDT por Paul Muller. Sin embargo, fue después de la Segunda Guerra Mundial cuando el uso de plaguicidas se extendió por todo el mundo desarrollado. En los últimos 25 años, la producción de plaguicidas se ha multiplicado por 50 y su consumo actual, según diversas fuentes, se estima entre 3 y 4 millones de toneladas. Esto significa que cada habitante del planeta estaría expuesto a un promedio de medio kilogramo de plaguicidas al año, una cifra preocupante.

La utilización de plaguicidas en sistemas de producción agrícola intensiva plantea un doble problema, ya que tiene un impacto directo tanto en los agricultores y su entorno como en los consumidores finales debido a la presencia de pesticidas en los alimentos (DOMÉNECH, 2004, pp. 1-10).

2.2.5 Tipos de plaguicidas

El término plaguicida abarca una amplia gama de compuestos activos, sustancias inertes y disolventes que dificultan su clasificación como una sola familia o tipo de compuesto. En los Estados Unidos, la Agencia de Protección Ambiental (EPA) tiene registradas 1.500 sustancias activas en 50.000 plaguicidas comerciales diferentes. En Europa, actualmente hay menos de 800 productos autorizados, y se espera reducir esta cifra a doscientos en los próximos años.

Entre las diversas clasificaciones de los plaguicidas, la más relevante desde el punto de vista sanitario es aquella basada en su estructura química, ya que esta determina en gran medida su impacto en el organismo humano (DOMÉNECH, 2004, pp. 1-10).

2.2.5.1 Clasificación química de los plaguicidas

- *Organoclorados*. Los plaguicidas se utilizan tanto como insecticidas como herbicidas. Algunos de ellos son considerados los más persistentes y tienen una reputación negativa, especialmente el DDT, que está prohibido en gran parte del mundo. A pesar de su mala imagen, todavía se utiliza debido a su eficacia y bajo costo. Otros ejemplos conocidos de este grupo incluyen el lindano, metoxiclor, atrazina, aldrin, dieldrin y simazina.
- *Organofosforados*. Los plaguicidas mencionados son principalmente insecticidas y se caracterizan por tener una toxicidad más selectiva y ser menos persistentes en comparación con otros plaguicidas. Algunos de los representantes más conocidos en esta categoría son el paratión, malatión, metidatión, fenitrotión y diazinón.
- *Carbamatos*. Estos plaguicidas son comúnmente utilizados como insecticidas tanto en entornos domésticos como agrícolas. En general, se considera que tienen un menor nivel de toxicidad en comparación con los mencionados anteriormente. Algunos representantes de este grupo incluyen el carbofurán, dimetoato, mobán, propoxur, entre otros (DOMÉNECH, 2004, pp. 1-10).

2.2.6 Importancia del estudio de la contaminación de suelos a causa de metales pesados

La presencia de metales pesados en el suelo y su contaminación representan un problema significativo en el siglo XXI. Cuando los niveles de estos metales superan los límites máximos permitidos, se producen efectos adversos como la reducción de la población microbiana y un

impacto negativo en el crecimiento de las plantas. Esto, a su vez, afecta la calidad de los alimentos disponibles para los consumidores (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

La seguridad alimentaria se puede ver drásticamente afectada, pues los metales pesados absorbidos por las plantas generan problemas de biomagnificación y bioacumulación, y estas a la vez son consumidas a lo largo de la red trófica (Chaparro G. et al., 2016, pp. 3-15).

Al presentar una elevada toxicidad, el impacto causado en la salud de los seres humanos por el consumo de estos alimentos causa afecciones que van desde daños en órganos vitales hasta desarrollar problemas cancerígenos (Bose y Chakraborty, 1957, pp. 14).

2.2.7 Fuentes de contaminación por metales pesados

Los metales pesados obtienen su concentración por causas naturales que involucran procesos geogénicos, esto lleva a una generación de residuos al ambiente (Alonso y Alonso, 2007, pp. 22-24).

La concentración de metales pesados tiene que ver con las actividades antropogénicas como la fundición, uso de fungicidas, aguas residuales de parques industriales o municipales y aguas procedentes de desechos mineros (Cobb y Dorward-rey, 2009, pp. 1-8). La industria minera provoca una afección en las extensas áreas de suelo debido al deficiente manejo de sus residuos, los cuales contienen metales pesados como: cadmio, arsénico, plomo, entre otros (Armienta et al., 2019, pp. 161-178).

2.2.8 Dinámica de los contaminantes en el suelo

Los metales pesados se movilizan por su potencial de lixiviarse por los distintos tipos del suelo hasta llegar a los acuíferos subterráneos, así como las asociaciones de dichos metales con la fase sólida del suelo (Olivares Reumont, 2013, pp. 285-293). El desplazamiento de metales pesados suele quedarse retenidos en los primeros horizontes del suelo, por lo que su concentración decrece en los horizontes inferiores (Ugarte et al., 2015, pp. 25-33).

2.2.9 Formas de retención y disponibilidad de metales en el suelo

Los metales pesados en el suelo pueden actuar como compuestos de sales metálicas solubles, iones disponibles o compuestos insolubles o parcialmente solubles como óxidos, hidróxidos y carbonatos. Como iones disponibles en el suelo, estos metales pueden causar daños irreversibles a los organismos, como la interrupción de sus actividades biológicas (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

En la técnica de fitorremediación se emplea el uso de plantas, que ayuda con la estabilización y degradación de metales pesados en el suelo (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

2.2.10 Factores que afectan la disponibilidad de metales

En la asociación de metales pesados con la fase sólida del suelo influyen factores, tales como: contenido de materia orgánica, pH, presencia de carbonatos, potencial redox y niveles de elementos como hierro y manganeso (Olivares Reumont, 2013, pp. 285-293). Otros factores relacionados son también la composición iónica de la solución del suelo, textura y capacidad de intercambio tanto catiónico como aniónico (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

La contaminación por metales pesados en el suelo es un gran problema en todo el mundo, pues algunos de los metales pesados como el hierro, zinc, manganeso y cobre son importantes en el suelo en concentraciones bajas, pero otros como el cadmio, cromo, plomo y arsénico son tóxicos y llegan a ser una amenaza fuerte para animales, plantas y el ser humano (Zeng et al., 2011, pp. 84-91).

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo es alto, las plantas aumentan su potencial de absorción; por lo tanto, estos se bioacumulan en ellas (García et al., 2002, pp. 125-138). En el suelo dichos metales pesados pueden encontrarse en diversas formas según sus niveles de solubilidad: en componentes orgánicos (intercambiables), en solución de suelo (disueltos), precipitados con otros componentes (insolubles) y como componentes estructurales de celosías; de estas solo las dos primeras son absorbidas por las plantas y para ello necesitan primordialmente la movilidad del metal y la disponibilidad del suelo (Zeng et al., 2011, pp. 84-91).

La disponibilidad y movilidad de los metales pesados dependen de las propiedades de adsorción y desorción que presenten los suelos; y de factores que influyan en la adsorción y desorción como: pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de materia orgánica, estado de óxido-reducción, carbonato de calcio, óxidos de hierro y manganeso y contenido de arcilla mineral (García et al., 2002, pp. 125-138).

2.2.11 Propiedades del suelo y su dinámica con los metales pesados

2.2.11.1 pH

El pH en el suelo es uno de los parámetros más importante, pues permite determinar la disponibilidad y movimiento de metales en el suelo, solubilidad de superficies minerales, especiación de metales y en la solución del suelo (Zeng et al., 2011, pp. 84-91).

Varios estudios han demostrado que existe una correlación negativa entre el pH, la movilidad y la utilización de metales pesados en las plantas; esta correlación negativa se debe al aumento de la desorción de metales pesados en los suelos, mientras que la movilidad y la biodisponibilidad aumentan al disminuir el pH. Relacionado con el plomo para reducir la absorción de metales pesados, menos daño al cuerpo humano (Bravo, Moreno e Higuera, 2017, pp. 22-24).

2.2.11.2 Textura

La textura del suelo es un referente importante en cuanto a la disponibilidad de metales pesados (Paz-Ferreiro et al., 2018, pp. 1-7), los suelos arcillosos retienen en mayor cantidad los metales pesados por medio de adsorción o cuando existe un complejo de cambio entre los minerales de arcilla. Mientras que los suelos arenosos son incapaces de fijar los metales, lo que lleva a una contaminación del nivel freático (Ugarte et al., 2015, pp. 25-33).

Los suelos de textura franca arenosa, que presentan una baja cantidad de materia orgánica, tienen una menor capacidad de retención de metales pesados. Por lo tanto, tienden a mostrar una menor contaminación por estos elementos en comparación con otros tipos de suelos. En contraste, los suelos con un contenido más alto de sedimentos finos, como el limo, suelen tener un mayor contenido de materia orgánica. Esta mayor cantidad de materia orgánica puede favorecer la retención de metales pesados en el suelo. Además, se ha observado que la fracción más gruesa del suelo puede contener una mayor concentración de metales pesados (Keshavarzifard, Moore y Sharifi, 2019, pp. 1-6).

2.2.11.3 Materia orgánica

La cantidad de materia orgánica en el suelo afecta la disponibilidad y migración de los metales pesados porque mejora en gran medida la capacidad del suelo para retener formas intercambiables de metales pesados. Además, agrega productos químicos orgánicos a las soluciones del suelo que

actúan como quelatos, aumentando así la disponibilidad de metales para las plantas (Zeng et al., 2011, pp. 84-91).

El papel de la materia orgánica en la disponibilidad de metales pesados es muy estudiado, debido a que si disminuye la cantidad de materia orgánica disminuye la adsorción del metal sobre los componentes del suelo, adicionalmente la materia orgánica disuelta en los suelos puede aumentar la adsorción y movilidad de los metales pesados por las raíces de las plantas (Zeng et al., 2011, pp. 84-91).

2.3 Propiedades de micronutrientes

2.3.1 Manganeseo

El manganeso se encuentra en el suelo en diferentes formas, como óxidos, hidróxidos o compuestos con otros metales. Es un micronutriente esencial para las plantas, pero su acumulación excesiva en la capa superficial del suelo puede volverse tóxica. Aunque es difícil de absorber en el suelo, una vez que es tomado por las raíces de las plantas, se distribuye fácilmente a través del sistema vascular y puede llegar a diversos órganos o partes de la planta (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

2.3.2 Hierro

El hierro como micronutriente se encuentra en el estiércol de animales, además que es un elemento esencial para el desarrollo y el crecimiento de plantas, sin embargo, altas concentraciones de este elemento pueden ser tóxico para estos organismos vivos, por lo que es importante controlar su concentración en el suelo (Baretta, Becegato y De, 2017, pp. 1-14).

Este metal tiene consecuencias antagónicas con el cobre y zinc, así como consecuencias sinérgicas con el cadmio en el suelo (Armienta et al., 2019, pp. 161-178).

2.3.3 Zinc

El zinc es un micronutriente necesario para el desarrollo de plantas que de manera natural puede hallarse en suelos (Méndez et al., 2009, pp. 50-55). Este metal puede encontrarse también en el ambiente debido a actividades industriales, materiales compostados, uso de estiércol líquido y agroquímicos como pesticidas y fertilizantes en la agricultura, el zinc puede presentarse a su vez

en el suelo por una deposición aérea. La concentración común de zinc dentro de los suelos agrícolas se encuentra entre 15 a 277 mg/kg (Romic y Romic, 2003, pp. 3-7).

Este metal puede ser absorbido en grandes concentraciones en plantas de rábanos, es así que tiende a acumularse en mayor grado en hojas causando su marchitamiento, así como también una reducción de biomasa y longitud radicular; en plantas como zanahoria tiende a disminuir la extensión de raíces y a concentrarse en mayor cantidad en las mismas (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

2.4 Propiedades de los metales pesados

2.4.1 Cromo

El cromo se halla presente de forma natural en el ambiente en niveles bajos por lo que en condiciones normales no representa una amenaza de toxicidad, es así que en ríos se presenta en un rango de 1 a 10 ug/L y en alimentos de 50 a 200 ug/día (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

El cromo es un metal que no es necesario para la vida de las plantas, de hecho, altas concentraciones de cromo pueden causar trastornos metabólicos e incluso la muerte en muchas especies vegetales. La absorción de cromo varía en diferentes partes de la planta; este metal tiende a acumularse en niveles más altos en las raíces en comparación con las hojas o los tallos. Además, la absorción de cromo es más difícil en suelos con pH neutro, alta presencia de arcilla y materia orgánica (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

2.4.2 Cadmio

El cadmio es un elemento ampliamente distribuido en la corteza terrestre con una concentración promedio de 0,1 mg/kg. Este elemento se utiliza en muchas actividades industriales como la producción de aleaciones, pigmentos y baterías. Las principales vías de exposición incluyen la inhalación del humo del cigarrillo y la ingestión de alimentos como verduras, papas y semillas; además, puede ser perjudicial para la salud, afectando el hígado, los pulmones y los riñones (Tchounwou et al., 2012, p.135).

Asimismo, concentraciones altas de cadmio producen un marchitamiento de hojas, así como una disminución de la longitud de la raíz y biomasa (Méndez et al., 2009, pp. 50-55). El cadmio es considerado como un contaminante de alimentos atribuible al uso frecuente de fertilizantes fosfatados en la agricultura, la utilización de dichos fertilizantes provoca que la acumulación de este metal se duplique especialmente en las plantas (Baretta, Becegato y De, 2017, pp. 1-14).

2.4.3 Plomo

La movilidad del plomo suele ser muy baja en el suelo, incluso es aún menor en suelos que registran un pH alto; este metal puede ser acumulado a través de los años, pues sus concentraciones pueden disminuir en un 50% en 740 a 5900 años (Olivares Reumont, 2013, pp. 285-293). La concentración de plomo en las plantas puede generarse por una deposición atmosférica o por una absorción del suelo que genera una gran concentración en las raíces, pues su translocación es limitada a otras partes de la planta (Olivares Reumont, 2013, pp. 285-293). Se ha reportado que dosis de plomo pueden ser mayores en órganos de plantas que en el suelo, provocando la reducción de la producción de clorofila y su muerte (Méndez et al., 2009, pp. 50-55).

2.4.4 Umbrales de contaminación de los metales pesados en el suelo

Los umbrales de contaminación del suelo suelen ser diferentes para cada país e incluso región en donde se propone los niveles máximos permisibles de cada metal pesado (Huertos y Baena, 2008, p.50).

Por lo general metales como: níquel, cromo, zinc y plomo varían entre 1-1500 mg/kg, otros elementos como cobre, arsénico y cobalto se encuentran entre 0.1 y 250 mg/kg y otros metales como mercurio y cadmio con menores proporciones que van desde 0.01 a 2 mg/kg (Huertos y Baena, 2008, p.51). Se han establecido asimismo rangos de concentraciones de metales pesados como plomo entre 10 y 150 mg/kg, para el cadmio entre 1 y 2 mg/kg y para el arsénico entre 5 y 40 mg/kg (Zurita, 2008, pp. 1-10). Las concentraciones geoquímicas normales y anómalas de elementos como: arsénico, cadmio, cobre, molibdeno, níquel, plomo, selenio y zinc se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2-3: Concentraciones geoquímicas

Metal	Concentración normal (ppm)	Concentración anormal (ppm)
Arsenio	<5-40	Hasta 2500
Cadmio	<1-2	Hasta 30
Cobre	60	Hasta 2000
Níquel	2-100	Hasta 8000
Plomo	10-150	10000 o más
Zinc	25-200	10000 o más
Molibdeno	<1-5	10-100
Selenio	<1-2	Hasta 500

Fuente: (Huertos y Baena, 2008, p.54)

2.5 Determinación de metales pesados en muestra de suelo

2.5.1 Digestión acida

Técnica empleada para la determinación de metales contenidos en muestras de suelo o de vegetales, este tipo de técnica puede ser llevada a cabo por vía húmeda o seca. En el caso de la digestión acida por vía húmeda, se suelen emplear ácidos, bases o agentes oxidantes que aseguren la completa disolución de la materia orgánica; por su parte la digestión acida por vía seca, se basa en la incineración de la muestra, para ello utiliza muflas que permitan la realización de procesos de calcinación, seguido de la utilización de ácidos, bases o agentes oxidantes (Chaparro G. et al., 2016, pp. 3-15).

2.5.2 Espectroscopia de absorción atómica con atomizador por llama

Técnica espectroscopia empleada para la determinación y cuantificación de metales, esta técnica abarca un conjunto de métodos fundamentados en la emisión, absorción y fluorescencia de la radiación generada a través del vapor atómico (Romero Flores, 2017, p.23). Los procesos espectroscópicos atómicos abarcan como primer paso la atomización, pues en este proceso la muestra se volatiliza y descompone de tal manera que genera un gas atómico; la determinación de átomos con radiación ultravioleta-visible se realiza únicamente por medio de una fase gaseosa en donde los átomos se hallan alejados unos de otros (Romero Flores, 2017, p.33).

2.5.3 Tipo de llama

Comúnmente la llama de acetileno y aire es la más utilizada, debido a que es estable, fácil de controlar y produce una amplia atomización para generar una adecuada sensibilidad y libertad de varias interferencias entre elementos (Mariella Moldava, 2022, pp. 4-5). Más de treinta elementos pueden ser evaluados a través de esta llama, aunque las condiciones de la llama podrían tener que ser ajustadas para crear una atmósfera apropiada para algunos elementos (Mariella Moldava, 2022, pp. 4-5).

2.5.4 Introducción de muestra

Para que la llama funcione adecuadamente y genere un vapor atómico, es necesario que la muestra a analizar se presente como un aerosol fino, para ello se emplea un nebulizador y una cámara de pulverización antes del quemador. La solución de la muestra es absorbida a través de un tubo capilar debido a la presión reducida creada en la punta del tubo por el flujo oxidante (Mariella Moldava, 2022, pp. 4-5).

2.5.5 Proceso de atomización en la llama

Una vez que el aerosol alcanza la llama, las gotas se fraccionan para crear una niebla que luego se fusiona y evapora, este método dependerá del número de partículas y su dimensión, así como de la mezcla de la llama y su composición (Mariella Moldava, 2022, pp. 4-5). Generalmente la vaporización es instantánea, pues las moléculas que se hallan formando el vapor se descomponen prácticamente al instante en átomos individuales (Mariella Moldava, 2022, pp. 4-5).

2.6 Base legal

2.6.1 Constitución de la república del Ecuador (publicada en el registro oficial 449 del 20 de octubre de 2008)

‘La Constitución de la República del Ecuador, es la norma legal más importante del Estado y base del ordenamiento jurídico. Las normas constitucionales que se establecen son de carácter declarativo, en esta se detallan los derechos de los ciudadanos de manera general, en base a leyes y códigos de carácter secundario (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.9).

“Art.120.- Es de interés público y prioridad nacional la conservación del suelo, en especial su capa fértil. Se establecerá un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga

su degradación, en particular la provocada por la contaminación, la desertificación y la erosión” (Asamblea Nacional Constituyente, 2008, p.55).

2.6.2 Código Orgánico Ambiental (COA)

El Código orgánico ambiental, expone en el artículo 4, que todos los niveles de gobierno deben orientar un aprovechamiento sostenible de la gestión del suelo en función de su restauración, conservación y uso sostenible; además, el artículo 5 señala que es primordial determinar aquellos sectores críticos a fin de implementar medidas y acciones que permitan prevenir y mitigar los impactos ambientales causados en suelos urbanos y rurales (Ministerio del Ambiente, 2019, p.5).

Por otra parte, el artículo 289 menciona que las actividades que se ejecuten en bosques y vegetación deben ser acorde al uso de suelo según su plan de manejo ambiental y normativa; asimismo, el artículo 292 indica que productos forestales no maderables podrán ser aprovechados siempre que esta actividad no involucre el cambio de uso o la conversión de suelo; también, el artículo 330 informa que la Autoridad Ambiental Nacional será quien conceda autorizaciones de transformación de uso de suelo del patrimonio forestal; por su parte, el artículo 332 establece que por medio de la Autoridad Ambiental Nacional se realizara lineamientos que garanticen la restauración de suelos, priorizando suelos degradados o en fase de desertificación (Ministerio del Ambiente, 2019, p.90).

El artículo 543 recalca que los abastecedores tendrán como obligación manejar las sustancias de mezcla o puras a fin de controlar posibles riesgos para el ambiente, así mismo se deberá manejar condiciones de seguridad que eviten que dichas sustancias tengan contacto con recursos como el suelo; de la misma forma, el artículo 626, menciona que aquellos generadores deberán guardar y manejar dentro sus instalaciones los residuos o desechos especiales o peligrosos para evitar su contacto con el suelo; por otro lado, el artículo 629 indica que los operadores deberán ejecutar normativas de uso y ocupación de suelo para realizar la gestión de almacenamiento (Ministerio del Ambiente, 2019, p.162).

El artículo 639 informa que la disposición final de residuos o desechos especiales y peligrosos no se deben eliminar en suelo de tipo urbano, salvo que el ordenamiento territorial lo permita, así mismo no se ubicaran en suelos saturados que incluyan el borde costero o riberas húmedas salvo que una adecuada impermeabilización y un flujo bajo tres metros (Ministerio del Ambiente, 2019, p.201).

El artículo 749, establece que el desarrollo urbano en zonas costeras deberá adjuntar un análisis de riesgo basado en la normativa de uso del suelo y ordenamiento territorial; por otra parte, el

artículo 781 prioriza la adaptación de proyectos, políticas y programas que permitan la prevención de degradación de suelos y deforestación, subsistencia de la biodiversidad, mitigación del cambio climático, desarrollo urbano sostenible, entre otros; finalmente, el artículo 787 señala que la Autoridad Ambiental Nacional no otorgara incentivos a actividades como cambio y uso de suelo, deforestación, degradación y extracción no sostenible de recursos (Ministerio del Ambiente, 2019, p.5)

2.6.3 Acuerdo ministerial 097-A norma de calidad ambiental del recurso suelo y criterios de remediación para suelos contaminados

Este acuerdo está vigente y acata todas las disposiciones emitidas por el COA con el objetivo principal de preservar la salud de las personas y velar por la calidad ambiental y del recurso suelo con el fin de salvaguardar las funciones naturales de los ecosistemas (Ministerio del Ambiente, 2015, p.14).

“La norma se aplica para los siguientes usos del suelo: agrícola, pecuario, forestal, urbano, minero, recreativo, de conservación, industrial y comercial. Para la prevención y control de la contaminación del suelo, se establecen los siguientes criterios: a) prevenir y reducir la generación de residuos sólidos municipales, industriales, comerciales y de servicios, incorporando técnicas apropiadas y procedimientos para su minimización, reusó y reciclaje; b) utilizar sistemas de agricultura que no degraden, contaminen o desequilibren el ecosistema del área geográfica en que se desenvuelven, lo cual incluye el uso racional y técnico de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; c) llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar y restaurar aquellos suelos que presenten contaminación, restableciendo las condiciones iniciales existentes anteriormente a la ejecución de un determinado proyecto, obra o actividad” (Ministerio del Ambiente, 2015, p.15).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Locación del lugar de estudio

3.1.1 Descripción geográfica

La parroquia Izamba posee una población actual de 14.563 habitantes. Está ubicada a 5 km al norte de la ciudad de Ambato, vía panamericana norte, limita con las parroquias Unamuncho, río Ambato y Atahualpa; tiene una superficie de 27,2 km², altura promedio 2.500 mts. sobre el nivel del mar; formada por urbanizaciones, ciudadelas, caseríos y barrios divididos en sectores. Las faenas agrícolas las cumplen con la siembra de productos, hortalizas y legumbres de ciclo corto que se dan en la zona, comercializando el 100% de su producción en el mercado local (Cepeda, 2013, pp. 98).

La necesidad de resolver la problemática de la concentración de la zona agrícola afectada, se deriva de cuantificar los metales pesados encontrados en los terrenos en los últimos años, por el mal uso de fertilizantes y pesticidas para una superproducción. Para ello se apostó por el método probabilístico.

Los análisis se llevaron a cabo en el laboratorio de Impactos y Protección Ambiental del Grupo de Investigación GAIBAQ, Laboratorio de Calidad del Agua, Laboratorio de análisis instrumental, de la Facultad de Ciencias, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), ubicada en la Panamericana Sur kilómetro 1 1/2 del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

3.2 Técnicas y métodos de análisis

3.2.1 Matriz de Leopold

Se llevó a cabo un análisis en la parroquia de Izamba, ubicada en el cantón Ambato, con el objetivo de identificar y evaluar los efectos ambientales. Para esto, se realizó un diagnóstico que determinó las actividades y factores ambientales relacionados con la parroquia. Luego, se utilizó una matriz de causa-efecto para calificar cualitativamente las interacciones entre los componentes ambientales (filas) y las acciones (columnas) presentes en dicha matriz (MACAS, 2020, pp. 38-39). A continuación, se empleó una matriz de Leopold para evaluar cuantitativamente los impactos de

los cantones. En esta matriz, se calculó la magnitud de cada impacto considerando variables como intensidad, extensión y duración. Además, se tuvo en cuenta el valor de la importancia en función de la reversibilidad y el riesgo, siguiendo los criterios establecidos en la siguiente tabla:

Tabla 3-1: Calificación de impactos ambientales

Variable	Símbolo	Carácter	Valor
Intensidad	I	Alto	3
		Moderado	2
		Bajo	1
Extensión	E	Regional	3
		Local	2
		Puntual	1
Duración	D	Permanente	3
		Temporal	2
		Periódico	1
Reversibilidad	R	Irreversible	3
		Recuperable	2
		Reversible	1
Riesgo	Ri	Alto	3
		Medio	2
		Bajo	1

Fuente: (MACAS, 2020, pp. 38-39)

Cada casilla de interacción permitió evaluar el nivel total de afectación en el componente ambiental, lo cual se conoce como el grado de severidad. Las casillas vacías indican la ausencia de interacción entre los factores ambientales y las actividades llevadas a cabo en la parroquia. En la columna de la derecha se muestra el resultado global de la evaluación ambiental basado en su grado de severidad. Si se encuentra en la categoría de severo o crítico, se considera un impacto significativo. Por otro lado, si el grado es bajo o medio, se clasifica como un impacto no significativo, según los criterios establecidos en la tabla 1-3.

Tabla 3-2: Rangos de severidad

Criterio	Calificación
Compatible	9-19
Moderado	20-35
Severo	36-55
Crítico	>56

Fuente: (MACAS, 2020, pp. 38-39)

3.2.2 Metodología de recolección de muestras

Para el presente trabajo técnico se efectuó una recopilación de información mediante la recolección y observación de muestras in situ realizadas en la parroquia Izamba, específicamente en el sector agrícola del cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, con el objetivo de recolectar las muestras necesarias de suelo, y así poder determinar sus propiedades físicas y químicas.

3.2.3 Metodología de encuestas

La información para el presente estudio fue recolectada mediante encuestas realizadas a los habitantes de la parroquia Izamba en la ciudad de Ambato perteneciente a la provincia de Tungurahua. Las encuestas se realizaron a los moradores ubicados en los puntos de muestreo a realizarse. Se recopiló un total de 30 encuestas, al ser 15 puntos de muestreo en total se realizó 2 encuestas por punto.

El modelo de la encuesta es una base de doce preguntas de respuestas cerradas, abiertas y de opción múltiple. Las preguntas se dividieron en dos secciones, la primera que obtuvo datos sobre tipos de plaguicidas y fungicidas, y la segunda sobre el consumo de los productos agrícolas y los efectos negativos que han surgido en la salud de la población.



Ilustración 3-1: Entrevista a agricultores del sector de Izamba

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.2.4 Método de muestreo

Se ha considerado tomar 15 muestras de suelo por duplicado, para esta actividad se utilizará el método de muestreo probabilístico también denominado muestreo por conglomerados o áreas, en este se establecen áreas geográficas determinadas en cada unidad experimental y de estas se seleccionan al azar los puntos que sirvieron para el muestreo. Una vez establecidos los puntos a muestrear se realiza un muestreo sistemático para cada punto, esta metodología garantiza la total cobertura del punto a muestrear, para esto primero se debe definir el área del terreno con una piola formando un cuadrante, esta área determinada debe tomarse como referencia en todos los puntos a muestrear, en cada esquina del terreno se colocan estacas, una vez establecido este cuadrante se procede a tomar una muestra compuesta de suelo de todo el terreno. (MACAS, 2020, pp. 38-39)

El suelo brinda el servicio ecosistémico de filtración, amortiguación y transformación de los contaminantes inorgánicos y orgánicos, garantizando la mejora de la calidad de las aguas subterráneas y una producción segura de alimentos (MACAS, 2020, pp. 38-39). tomando en cuenta lo antes mencionado se establecieron las siguientes variables en el proyecto de investigación: potencial de hidrogeno (pH), conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica (MO), textura, densidad real, densidad aparente, metales pesados (MP) tales como cadmio (Cd), mercurio (Hg), cromo (Cr), plomo (Pb), cobre (Cu), manganeso (Mn), hierro (Fe), mercurio (Hg), arsénico (As), Zinc (Zn), selenio (Se), Níquel (Ni), calcio (Ca) Nitratos (NO₃), Sulfatos (SO₄), carbono total, nitrógeno total, fósforo total, potasio total, sodio total.



Ilustración 3-2: Muestreo de suelos

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

Se tomaron 15 muestras de suelos a una profundidad de 40-50 centímetros con la ayuda de un barreno para obtener una muestra de 2 Kg, preservándola en una funda ziploc, con su respectivo código. El muestreo del suelo se lo realizó en tiempo de cosecha.

3.2.5 Preparación de muestra

Una vez obtenidas las muestras de los diferentes puntos de investigación, se prosiguió a secarlas al ambiente, dependiendo de la humedad de cada muestra este proceso tuvo un lapso de 10 a 15 días. Para analizarlas en las diferentes pruebas del laboratorio, primero fueron trituradas y tamizadas mediante un tamiz 2mm eliminando las impurezas como: piedras, maleza y basura, dando como resultado muestras homogéneas y finas.



Ilustración 3-3: Preparación de muestras.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.3 Análisis físico químico del suelo

3.3.1 Determinación de pH

Al determinar el pH se pesó 4g de la muestra de suelo de cada uno de los puntos por triplicado en tubos de centrifuga, seguido a esto se adicionó 40 ml de agua destilada, para después con ayuda del agitador homogenizar las muestras durante dos horas, pasado ese lapso se las dejo sedimentar por 20 minutos, y se finalizó midiendo el pH previamente filtrado con la ayuda de un papel filtro. Como dato adicional, el pH-metro se calibró con soluciones buffer de pH=7, pH=4 y pH=10 para evitar errores en la lectura (Rodríguez y Rodríguez, 2015, pp. 36-37)

3.3.2 *Determinación de conductividad eléctrica*

Al determinar la conductividad eléctrica o CE se pesó 4g de la muestra de suelo de cada uno de los puntos por triplicado en tubos de centrifuga, seguido a esto se adicionó 40 ml de agua destilada, para después con ayuda del agitador homogenizar las muestras durante dos horas, pasado ese lapso se las dejo sedimentar por 20 minutos, y se finalizó midiendo la conductividad (Gupta et al., 2012, pp. 29-32)



Ilustración 3-4: pH y conductividad.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.3.3 *Determinación de materia orgánica*

Al determinar la materia orgánica de las muestras se usó el método de calcinación, realizando una diferencia de pesos, para iniciar se tomó el peso de un crisol limpio y seco se pesó, este dato se registró como peso 1 (P1), a continuación, se agregaron 3 g de suelo seco en el mismo, y se lo introdujo en la estufa a 105° C durante 24 horas, pasado este tiempo la muestra seca se colocó en el desecador durante 30 minutos, y con ayuda de la balanza se prosiguió a obtener el peso 2 (P2). Con los datos obtenidos se aplicó la siguiente formula obteniendo la cantidad de materia orgánica contenida en la muestra.

$$\%MO = \frac{P3 - P2}{P3} * 100$$

Donde:

P1= peso del crisol previamente tarado

P2= peso del crisol con la muestra adicionada

P3= peso de la muestra calcinada

3.3.4 Determinación de textura

Para determinar la textura del suelo se usó 100 gramos de la muestra seca de cada punto, a continuación, se agregó 10ml del agente dispersante y 200 ml de agua destilada, seguido de ello con la ayuda de la varilla de agitación se mezcló bien la muestra homogéneamente para dejarla reposar por 24 horas. Transcurridas las 24 horas se trasvasó el contenido a una probeta de 1000 ml, aforándola con agua destilada hasta los 900 ml, después de colocar el densímetro dentro de la probeta, con ayuda de una piseta se prosiguió a completar el volumen total de 1000 ml. Más tarde con ayuda del Parafilm se agito vigorosamente la probeta de tal manera que nada de la muestra de suelo quedo pegado en la base ni en las paredes de la misma, con ayuda de un cronometro se contabilizo 40 segundos al momento de colocarla en una superficie plana, pasando el lapso de tiempo se registró los datos de temperatura y del densímetro. Para finalizar se dejó reposar la probeta durante dos horas, para nuevamente con ayuda del densímetro y termómetro obtener una segunda lectura.



Ilustración 3-5: Determinación de Textura.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

La determinación de textura se la realizó luego de tabular los datos de temperaturas y las lecturas del densímetro a los diferentes tiempos, donde se obtuvo los porcentajes de Arena, Limo y Arcilla usando las siguientes formulas:

$$\%Arena = 100 - \frac{Primera\ Lectura\ Corregida\ del\ Densimetro}{gramos\ de\ Muestra} * 100$$

$$\%Arcilla = \frac{\text{Segunda Lectura Corregida del Densimetro}}{\text{gramos de Muestra}} * 100$$

$$\%Limo = 100 - (\% Arena + \% de Arcilla)$$

Una vez obtenidos los porcentajes nos ayudamos con el siguiente grafico (triangulo de Textura USDA)



Ilustración 3-6: Triangulo de Textura

Fuente: USDA

3.3.5 Determinación de la densidad real

Para determinar la densidad real primero se pesó un balón de aforo vacío con la ayuda de una balanza analítica, para ello este previamente debe estar limpio, seco y con un peso constante, y se lo registró como peso 1 después, con la ayuda de un embudo y con precaución se colocó los 10 gramos de suelo, obteniendo el peso 2.

Para calcular el peso 3 se usó esta fórmula:

$$\text{Peso 3} = \text{Peso 1} + \text{Peso 2 (Balón + muestra)}$$

A continuación, se añadió 25ml de agua destilada en el balón de aforo con la muestra, seguido de eso se agitó por 5 minutos para eliminar el aire retenido de la misma y se dejó reposar por 30 minutos, luego de esto se aforo a los 50 ml consiguiendo el peso 4. Para finalizar se aforo el balón solo con agua destilada obteniendo el peso 5.

3.3.6 Determinación de densidad aparente

Para determinar la densidad aparente primero se registra el peso vacío de la probeta de 25 ml, la cual es posteriormente es encerada y se coloca la muestra de tierra llenándola por completo de manera uniforme y sin ejercer presión, para culminar pesándola y obteniendo la masa del suelo contenida en la probeta.

Una vez obtenido los datos, se aplicó la siguiente fórmula para obtener la densidad aparente:

$$Da \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{\text{Peso del suelo}}{\text{volimen ocupado}}$$

3.4 Digestión de muestras de suelo para la determinación de metales pesados micro y macronutrientes

Para iniciar esta metodología se pesó 2 gr de cada punto de la muestra por duplicado en un Erlenmeyer de 100 ml, al cual se le añadió 10 ml de HNO₃ y se agito levemente hasta homogenizar la mezcla. Después nos dirigimos al extractor de olores para colocar los diferentes Erlenmeyer tapados con vidrio reloj y previamente rotulados encima de los reverberos a una temperatura baja y constante durante dos horas; en este periodo de tiempo cada vez que la muestra de tierra se pegaba en las paredes del envase se adicionaba agua destilada con ayuda de una piseta, pasado este lapso de tiempo se añadió en cada muestra 3 ml de H₂O₂ y se llevó al reverbero por las siguientes 2 horas restantes. Para finalizar se dejó enfriar a temperatura ambiente para luego ser filtrado y envasados en pequeños frascos de plásticos.

Las muestras obtenidas de esta digestión fueron utilizadas para la medición de metales pesados.



Ilustración 3-7: Digestión ácida.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.4.1 Determinación de metales pesados por el método de absorción atómica de llama

Se utilizó la técnica instrumental de absorción atómica de llama para los siguientes metales pesados Cd, Ni, Pb, macronutrientes y micronutrientes. En el caso de metales como Hg, AS, Se, se utilizó la misma técnica por generación de Hidruros. Para comenzar con cualquier medición, primero se estableció en el equipo la curva de calibración con ayuda de las diferentes soluciones estándar a partir de las siguientes tablas:



Ilustración 3-8: Digestión ácida.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.4.1.1 Cadmio

Tabla 3-3: Cadmio

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOC K	1000	0,2	2	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	2	0,5	0,02	50	
2	2	1	0,04	50	
3	2	1,5	0,06	50	
4	2	2,5	0,1	50	
5	2	5	0,2	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.1.2 Níquel

Tabla 3-4: Níquel

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOC K	1000	2	20	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	20	0,5	0,2	50	
2	20	1,25	0,5	50	
3	20	2,5	1	50	
4	20	3,75	1,5	50	
5	20	5	2	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.1.3 Plomo

Tabla 3-5: Plomo

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOCK	1000	3	30	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	30	0,5	0,3	50	
2	30	1	0,6	50	
3	30	1,5	0,9	50	
4	30	2,5	1,5	50	
5	30	5	3	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.2 Macronutrientes

3.4.2.1 Potasio

Tabla 3-6: Potasio

	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOCK	1000	1	10	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	2,5	0,5	50	
2	10	5	1	50	
3	10	10	2	50	
4	10	12,5	2,5	50	
5	10	15	3	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.2.2 Sodio

Tabla 3-7: Sodio

	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOCK	1000	1	10	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	1	0,2	50	
2	10	2	0,4	50	
3	10	4	0,8	50	
4	10	7,5	1,5	50	
5	10	10	2	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.2.3 Calcio

Tabla 3-8: Calcio

	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOCK	1000	1	10	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	2,5	0,5	50	
2	10	5	1	50	
3	10	10	2	50	
4	10	20	4	50	
5	10	30	6	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.3 Micronutrientes

3.4.3.1 Zinc

Tabla 3-9: Zinc

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOC K	1000	1	10	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	0,5	0,1	50	
2	10	1	0,2	50	
3	10	2,5	0,5	50	
4	10	5	1	50	
5	10	10	2	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.3.2 Cobre

Tabla 3-10: Cobre

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOC K	1000	1	10	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	10	1,25	0,25	50	
2	10	2,5	0,5	50	
3	10	5	1	50	
4	10	10	2	50	
5	10	15	3	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.3.3 Hierro

Tabla 3-11: Hierro

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOCK	1000	2,5	25	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	25	0,5	0,25	50	
2	25	1	0,5	50	
3	25	2	1	50	
4	25	4	2	50	
5	25	6	3	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.3.4 Manganeso

Tabla 3-12: Manganeso

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃
STOCK	1000	2,5	25	100	Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
1	25	0,5	0,25	50	
2	25	1	0,5	50	
3	25	2	1	50	
4	25	4	2	50	
5	25	8	4	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.4 Metales pesados por generación de hidruros

3.4.4.1 Mercurio

Tabla 3-13: Mercurio.

	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Concentración obtenida en (ppb o µg/l)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
STOCK	1000	0,1	1	100	5	
1	1	0,25	0,005	50		
2	1	0,5	0,01	50	10	
3	1	1	0,02	50	20	
4	1	1,5	0,03	50	30	
5	1	2	0,04	50	40	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.4.2 Arsénico

Tabla 3-14: Arsénico.

	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Concentración obtenida en (ppb o µg/l)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
STOCK	1000	0,1	1	100		
1	1	0,25	0,005	50	5	
2	1	0,5	0,01	50	10	
3	1	1	0,02	50	20	
4	1	2	0,04	50	30	
5	1	2,5	0,05	50	40	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.4.3 Selenio

Tabla 3-15: Selenio.

	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Concentración obtenida en (ppb o µg/l)	Aforar cada STD (Cd) con Agua Acidulada al 1% de HNO ₃ Nota: se deberá utilizar Agua Ultrapura (Tipo I)
STOCK	1000	0,1	1	100	10	
1	1	0,5	0,01	50		
2	1	1	0,02	50	20	
3	1	1,5	0,03	50	30	
4	1	2	0,04	50	40	
5	1	2,5	0,05	50	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2023

3.4.5 Determinación de fosforo por espectrofotometría UV

Para determinar el fosforo se tomó 5ml de la muestra de digestión acida de cada punto, para posteriormente con la solución de hidróxido de sodio, se llevó a un pH entre 3 a 3,5. A continuación se llevó a aforar a 50 ml con agua destilada, se tomó 5 ml de la muestra y se añadió 5ml de la Solución de Color para Fósforo, después de un lapso de 15 minutos se observó la reacción de color.

Se preparó el espectrofotómetro con las siguientes calibraciones:

Tabla 3-16: Fosforo.

NIVEL	C1	V1	C2	V2	Observación
	Concentración Inicial (ppm)	Valor a Tomar de la concentración inicial (ml)	Concentración a la que se quiere llevar (ppm)	Volumen a Aforar (ml)	Nota: se deberá utilizar Agua
STOCK	10000	0,25	25	100	Ultrapura
1	25	0,2	0,1	50	(Tipo I)
2	25	0,8	0,4	50	
3	25	1,6	0,8	50	
4	25	3	1,5	50	
5	25	4	2	50	

Realizado por: Hernández; & Medina, 2022



Ilustración 3-9: Determinación de Fosforo.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023.

3.4.6 *Determinación de Nitratos, sulfatos y cromo (IV) por método de Hach*

Se pesó en un tubo de centrifuga 4 g de las muestras con una precisión de 0,0001g, a esta se adiciono 40 ml de agua desionizada, con ayuda del agitador mecánico se agito por un periodo de tiempo de 2 horas, y se dejó sedimentar en la centrifuga por 20 minutos, para filtrar se utilizó un filtro de 0.45 μm de porosidad. Para finalizar, las muestras son llevadas al espectrómetro HACH, donde se puede elegir el método que necesitemos para leer Sulfatos, Nitratos y Cromo (IV).



Ilustración 3-10: Determinación de Nitratos, Sulfatos y Cromo (IV).

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.4.7 *Determinación de cloruros por método Mohr.*

Se pesó en un tubo de centrifuga 1 gr de cada muestra, a la cual se adicono 20 ml de agua destilada y se llevó al equipo de agitación por 2 horas, luego se llevó las muestras a ser filtradas, con ayuda de una micropipeta se tomó 1 ml de la muestra preparada y se aforo a 100 ml, en un Erlenmeyer se colocó 25 ml de la nueva solución y se añadió de 4-6 gotas del indicador (K_2CrO_4 5%), para finalizar se tituló las muestras con la solución de $AgNO_3$ al 0.01 N hasta llegar a un color ladrillo.



Ilustración 3-11. Determinación de Cloruros.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.4.8 *Determinación de carbono orgánico oxidable*

Se pesó 1g de la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500ml, en la muestra de suelo se adiciono 5ml de la solución Dicromato de potasio al 1N para después colocar lentamente 10 ml de ácido sulfúrico, dejando reposar la mezcla por 30 minutos, posteriormente a este tiempo se añadió 50ml de agua destilada desionizada y 5 ml de ácido fosfórico al 85%, para llevar la muestra a titular se añadió 5 gotas de Difenilamina en el Erlenmeyer y se tituló hasta que la muestra cambio de color a un verde esmeralda luminoso, cabe mencionar que primero se realiza un blanco que ayudara a determinar el volumen de la titulación.



Ilustración 3-12. Determinación de Carbono Orgánico Oxidable.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.5 **Agua de riego agrícola**

3.5.1 *pH*

Para determinar el pH en el agua de riego agrícola se colocó la muestra en un tubo de centrifuga, antes de medir la muestra se calibro el pH-metro con soluciones buffer de pH=7, pH=4 y pH=10 para evitar errores en la lectura, Una vez realizada la calibración, se procedió a medir el pH de la muestra de agua de riego.

3.5.2 *Conductividad Eléctrica*

Para determinar la conductividad eléctrica o CE se coloca la muestra en un tubo de centrifuga y con ayuda del conductímetro se midió la conductividad de la muestra.

3.5.3 *Turbidez*

Para determinar la turbidez del agua de riego agrícola se coloca la muestra en una celda de contención, con ayuda del turbidímetro se obtuvo la turbidez de la muestra.

3.5.4 *Sulfatos, Nitratos, Fosfatos y Cromo*

Para determinar sulfatos, nitratos, fosfatos y cromo en el agua de riego agrícola, se filtró la muestra con un filtro de 0.45 μm de porosidad, seguido de eso se usó el espectrómetro de HACH donde se puede elegir el método que se necesite.



Ilustración 3-13: Determinación de Carbono Orgánico Oxidable.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S. 2023

3.5.5 *Coliformes fecales*

Para determinar la cantidad de coliformes fecales en la muestra de agua de riego agrícola se usó el método de conteo por placa, en el cual se colocó la muestra en el agar nutritivo, para luego dejarlo por 24 horas en la incubadora, luego de ese tiempo se realizó el conteo para obtener el resultado en unidades de Numero más probable (NMP/100ml).



Ilustración 3-12.
Determinación de Carbono
Orgánico Oxidable.

Realizado por: Hernández, A; Medina, S.
2023

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Revisión ambiental inicial

4.1.1 Identificación de los puntos de control ambiental

La parroquia de Izamba desde un inicio ha sido utilizada para la producción agrícola, siendo explotada en escala a través del tiempo, lo que ha ocasionado erosión del suelo, siendo este el área de influencia directa. Actualmente esta parroquia se encuentra en una situación precaria, esto se debe a que muchos de sus terrenos se están comercializando para urbanizaciones o complejos habitacionales y otros a la faena agrícola, que al recortar su extensión de suelo y riego de agua se ha visto presionada para producir la misma o mayor cantidad de productos para la distribución a nivel nacional.

Se tomaron 15 puntos para el presente proyecto en la parroquia de Izamba del cantón Ambato. Los puntos de control fueron ubicados y proyectados según sus coordenadas en el sistema Google Earth como se muestra a continuación:



Ilustración 4-1. Mapa de ubicación de la zona de estudio

Realizado por: Hernández, A.; Medina, S. 2023

4.2 Determinación del área de influencia directa

4.2.1 Área de influencia directa

En la parroquia Izamba del cantón Ambato los productos más cultivados son las hortalizas, legumbres y verduras, además que en ciertos lugares existe la producción de tomate de árbol y cultivos en invernaderos como tomate riñón y pepinillo. Todo esto se realiza en grandes extensiones de terrenos y aplicando monocultivos ubicados en el sector de Quillán Loma, Pisque y en los pequeños alrededores del Centro Parroquial, que sirven para el sustento familiar, aportando a la economía de la parroquia, cantón, provincia y país. (Parroquial, 2015, pp. 23-26)

Izamba es considerada como una de las parroquias con mayor producción agrícola, después de la parroquia de Cunchibamba en el cantón Ambato de la provincia de Tungurahua, cuenta con una producción del 7%, los productos que se destacan son la acelga, alfalfa, espinaca, maíz suave, remolacha, tomate riñón y zanahoria amarilla, brócoli, haba y lechuga (Andrés et al., 2023, pp. 24-35).

4.3 Identificación de aspectos y evaluación de impactos ambientales

Tabla 4-1. Identificación de aspectos ambientales

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PARROQUIA DE IZAMBA			
Zona	Actividad	Aspectos	Impactos
Agrícola	Fumigación y fertilización	Presencia de metales pesados	Contaminación del suelo
			Acidificación del suelo
			Desequilibrio en la composición de materia orgánica
			Desequilibrio de macro y micronutrientes en el suelo
			Baja acumulación de nutrientes en el suelo
			Perdida de microfauna del suelo
			Deficiencia de macronutrientes para plantas
			Reducción en el crecimiento de plantas
Socioeconómica	Actividad Agrícola	Presencia de metales pesados	Baja comercialización
Social	Actividad Agrícola Irresponsable	Alteración de la salud humana	Dolores de cabeza y Músculos
			Daños intestinales
		Alteración de la calidad de vida	Pobreza
			Migración

Realizado por: Hernández, A.; Medina, S. 2023

4.4 Análisis de las encuestas

¿Qué tipo de actividad agropecuaria realiza?

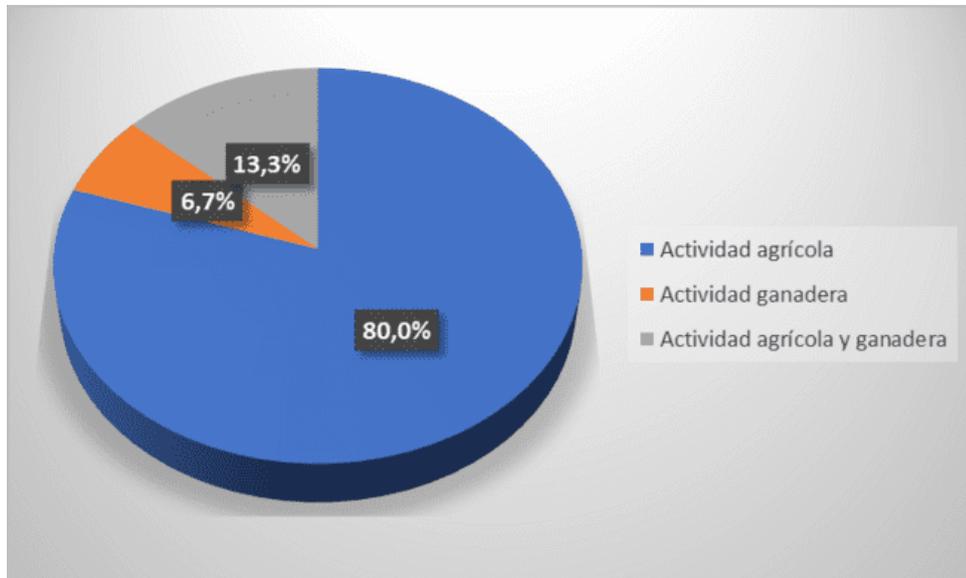


Ilustración 4-2: Actividad agropecuaria más desarrollada en la parroquia Izamba

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 80,0% de la población encuestada afirmó que la actividad agropecuaria a la cual se dedican es la agricultura, mientras que el 6,7% de la población menciona dedicarse a la ganadería, y el 13,3% desarrolla ambas actividades como fuente de empleo. Por lo tanto, el recurso suelo de la parroquia de Izamba es el más explotado.

¿Qué productos agrícolas cultiva usted?

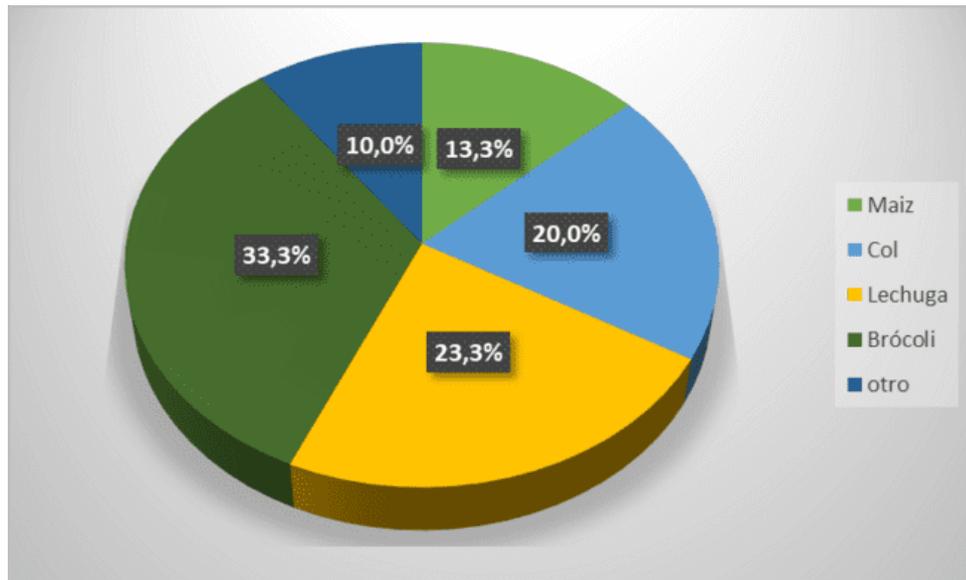


Ilustración 4-3: Productos agrícolas más cultivados en la parroquia Izamba

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 33,3% de la población encuestada afirma que el producto estrella del cual obtienen más beneficios económicos es el brócoli, el 23,3% mencionó cultivar lechuga, el 20% indica cultivar col, todo esto debido a que estas no necesitan de mucha fumigación, mientras que el 13,3% cultiva maíz y el 10% otros productos como la alfalfa que se usa como recurso para alimentar a sus animales de crianza y comercialización.

¿Cuál es la extensión del terreno cultivable que usted posee?

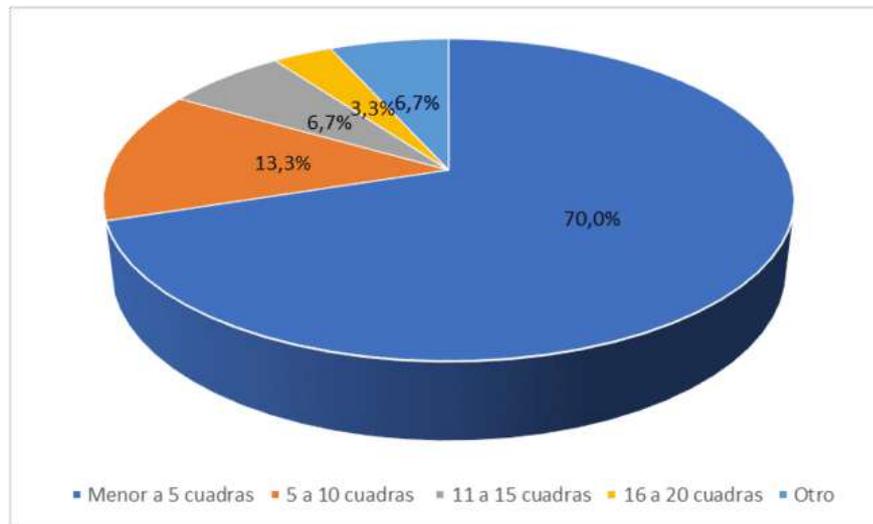


Ilustración 4-4: Extensiones del terreno para agricultura en la parroquia

Izamba

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 70% de la población encuestada afirma que la extensión de terreno que posee para cultivar es menor a 5 cuadras, el 13,3% menciona tener una extensión de terreno de 5 a 10 cuadras, el 6,7% indica tener una extensión de 10 a 15 cuadras, el 3,3% comentó tener una extensión de 16 a 20 cuadras, y por último el 6,7% indicó tener una extensión mayoritariamente a las antes mencionadas. Cabe concluir que la mayoría de los agricultores arrienda los terrenos para cultivar y muy pocos poseen su propio terreno.

¿Qué tipo de plaguicida utiliza?

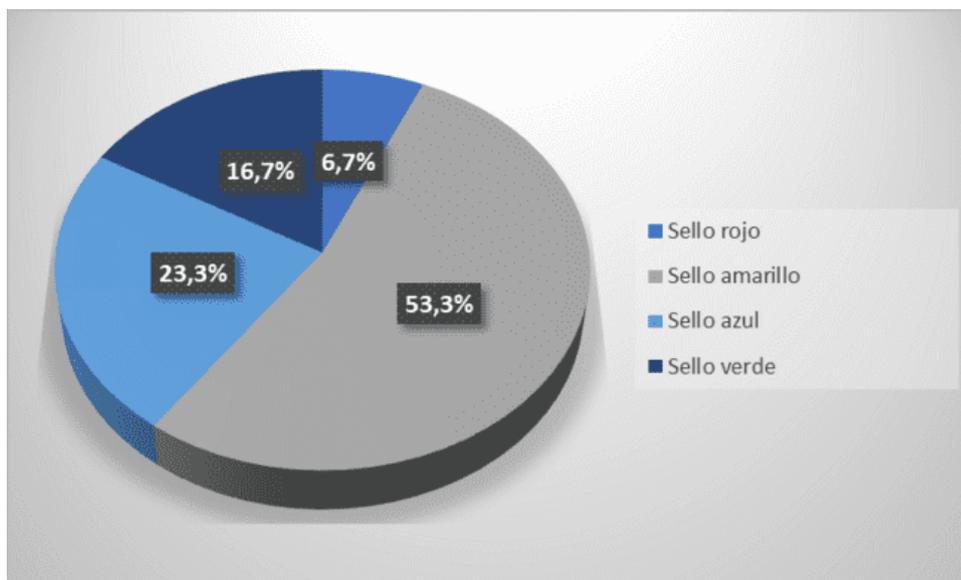


Ilustración 4-5: Plaguicidas más usados en la agricultura de la parroquia Izamba

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 53,3% de la población encuestada indicó que utiliza el plaguicida de sello amarillo para fumigar sus plantas, el 23,3% mencionó que utiliza el plaguicida de sello azul, el 16,7% mencionó que utiliza el plaguicida de sello verde y solo un 6,7% utiliza el plaguicida de sello rojo. Esto se debe a que es muy fuerte y tóxico, además que solo lo recomiendan cuando la plaga es muy resistente a los anteriores plaguicidas.

¿Usted cada qué tiempo realiza la fumigación con plaguicidas y fungicidas en sus terrenos?

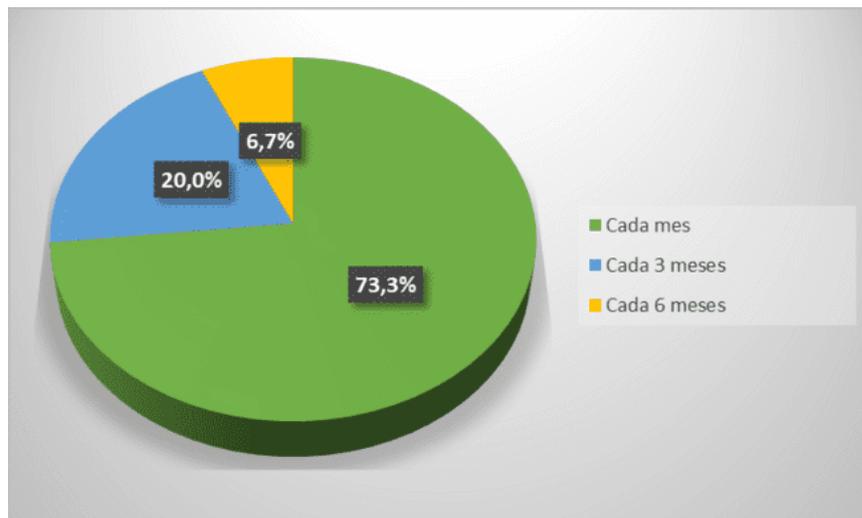


Ilustración 4-6: Periodos de fumigación en la agricultura de la parroquia Izamba

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 73,3% de la población encuestada afirmó que fumiga sus cultivos cada mes para evitar que la plaga dañe las plantas, y así evitar gastos innecesarios en fungicidas más fuertes o de sello rojo. El 20% indicó que fumigan sus cultivos cada 3 meses porque es más rentable y no tienen tanto problema con las plagas, mientras que solo el 6,7% mencionó que fumiga cada 6 meses debido a que tratan de ofrecer calidad al consumidor antes que cantidad.

¿Qué tipo de abono usa usted?

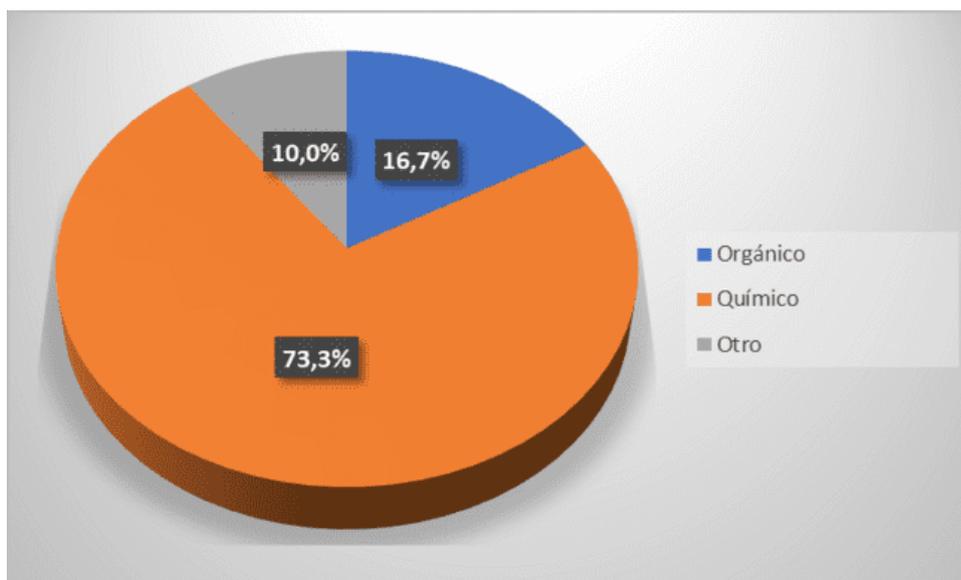


Ilustración 4-7: Fertilizantes más usados en la agricultura de la parroquia Izamba.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 73,3% de la población encuestada manifestó que actualmente utilizan en sus cultivos el abono químico porque su costo es menor y sus beneficios en cuanto al crecimiento y producción de las plantas es mayor, mientras que el 16,7% afirmó que prefieren utilizar el abono orgánico debido a que sienten que el químico cambia el sabor de sus productos y solo un 10% menciona utilizar cueros de curtiembre de vez en cuando para mejorar su producción. Cabe mencionar que la mayor parte de la población encuestada comentó haber utilizado alguna vez los cueros de curtiembre como abono, pero actualmente se ha dejado de manejarlo por problemas de salud y de malos olores.

¿Usted cada qué tiempo nutre sus terrenos con fertilizante?

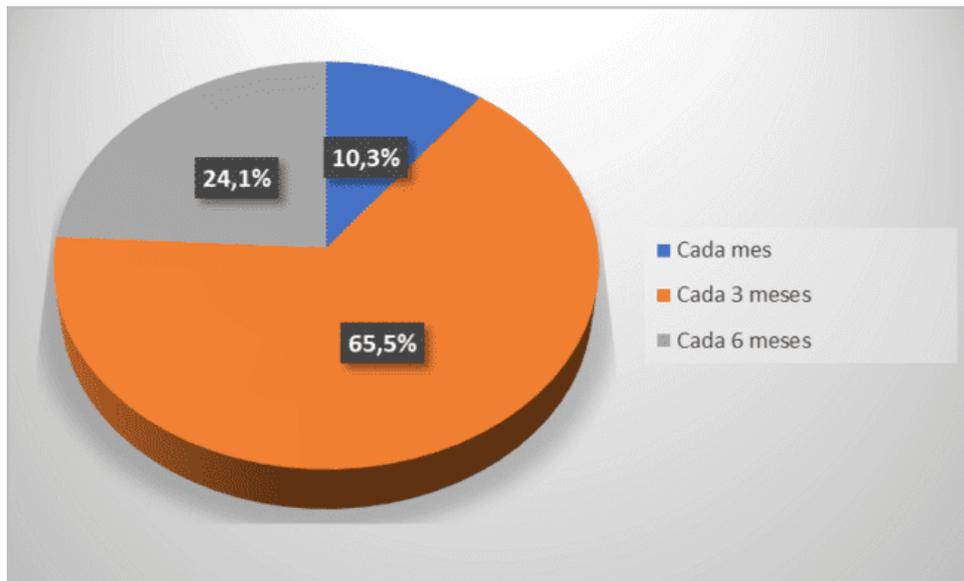


Ilustración 4-8: Nutrición de terrenos.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación

El 65,5% de la población encuestada afirmó que nutre sus terrenos cada 3 meses con abono, mientras que el 24,1 % lo fertiliza cada 6 meses y solo el 10,3% cada mes. Se puede concluir que la mayoría de los agricultores nutren sus terrenos pasando considerables periodos de tiempo, debido a su baja rentabilidad, además que usualmente lo hacen cada que aran sus terrenos para una nueva siembra.

Los vegetales que usted consume son producidos por el sector agrícola de la parroquia Izamba.

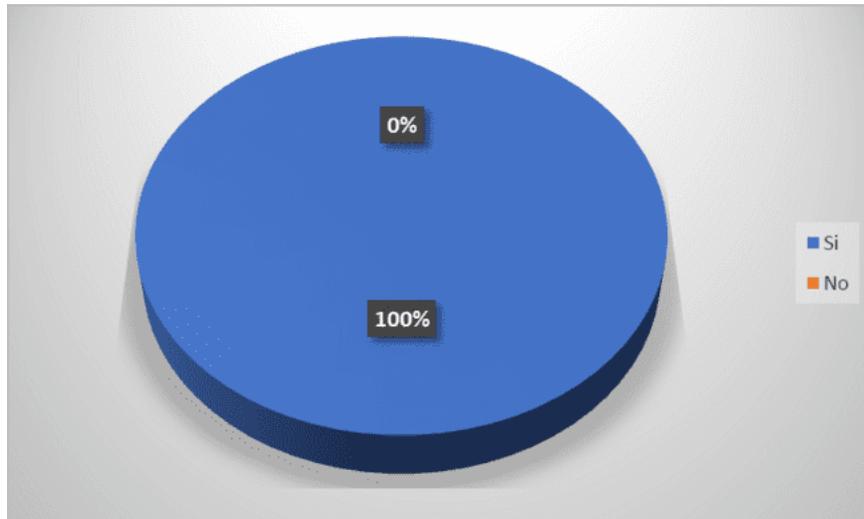


Ilustración 4-9: Vegetales producidos en la parroquia Izamba.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023.

Interpretación:

El 100% de la población encuestada consume la producción agrícola de la parroquia Izamba, debido a que la producción se lleva a la venta en los mercados de la ciudad y de ciudades aledañas.

¿Cuántas veces a la semana consume estos productos agrícolas?

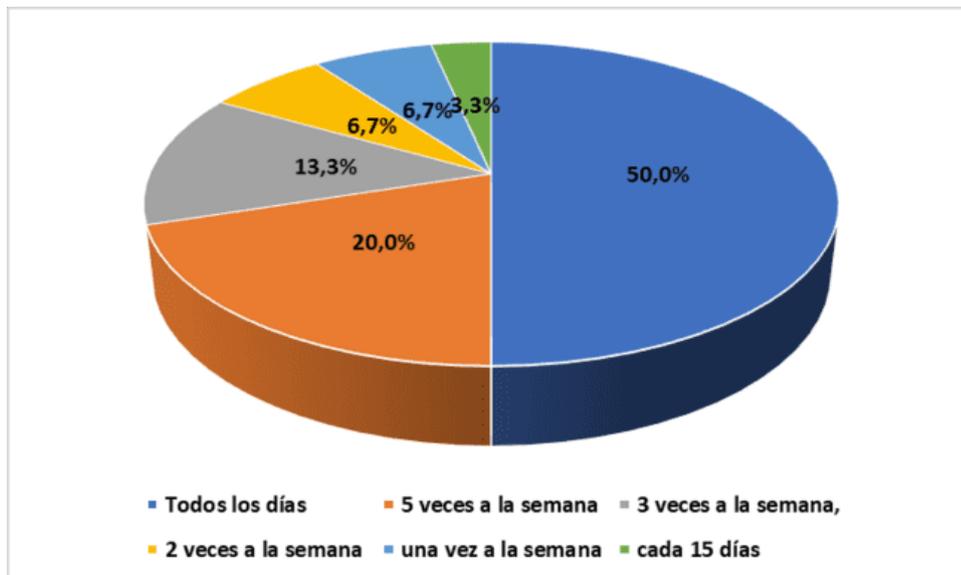


Ilustración 4-10: Cuantos días a la semana se consume los productos agrícolas de la parroquia Izamba.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023.

Interpretación:

El 50% de la población encuestada afirma que consume productos agrícolas del sector todos los días, el 20% lo hace 5 veces a la semana, el 13,3% consume los productos 3 veces a la semana, el 6,7% lo hace dos veces a la semana, el 6,7% consume los productos una vez a la semana y un 3,3% cada 15 días. A la mayoría de la población encuestada se le hace más sencillo el consumir la producción de su trabajo por la comodidad y la economía.

¿Por cuántos años ha consumido los vegetales producidos en el sector de Izamba?

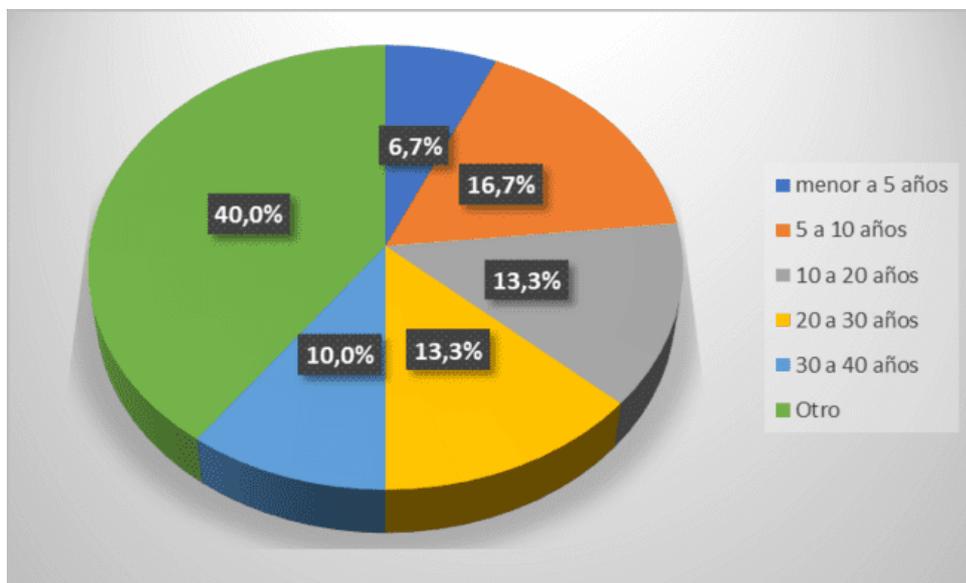


Ilustración 4-11: Años de consumo de los productos agrícolas de la parroquia Izamba.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023.

Interpretación:

El 40% de la población encuestada indico la opción otro, debido a que han consumido los productos agrícolas del sector toda su vida, el 16,7% encuestado dio a conocer que el consumo fue de 5 a 10 años, estos son los años que trabajan y viven en el sector de Izamba, al igual que el 13,3% que ha consumido en un periodo de 10 a 20 años, el 10% de la población dio a conocer que su consumo es de 30 a 40 años, el 13,3% restante consume de 20 a 30 años estos productos, y solo el 6,7% de la población ha consumido en un tiempo menor a los 5 años.

Ha notado alguna alteración en su estado de salud al ingerir los vegetales producidos en su sector.

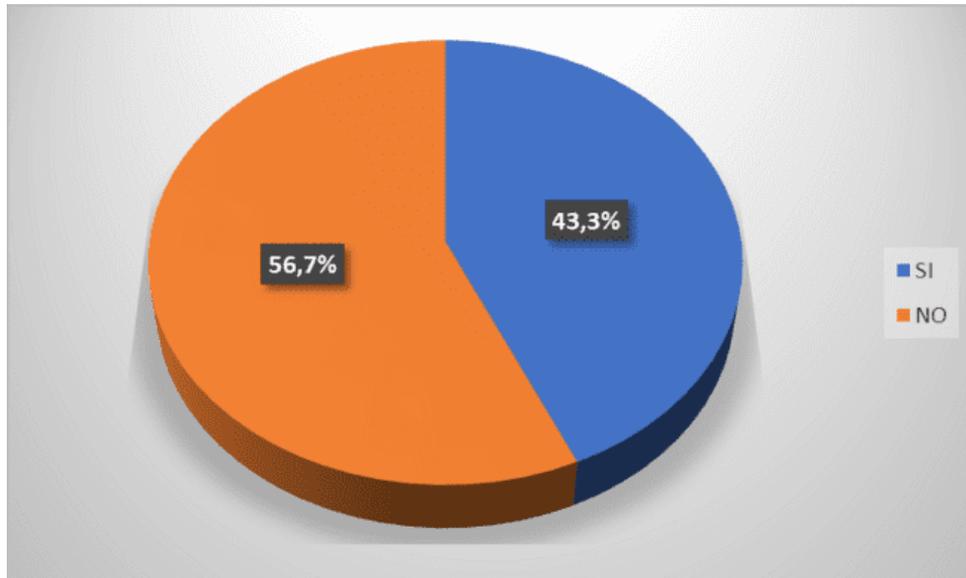


Ilustración 4-11: Alteración en la salud por el consumo de los productos agrícolas de la parroquia Izamba.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023.

Interpretación:

El 56,7% de la población menciona que no ha notado ninguna alteración en el estado de salud de ellos a lo largo de este tiempo, y el 43,3% comentó que sí existe alteraciones en la salud por parte de su familia.

¿Qué parte de su cuerpo considera usted que ha sido más afectada al ingerir estos productos?

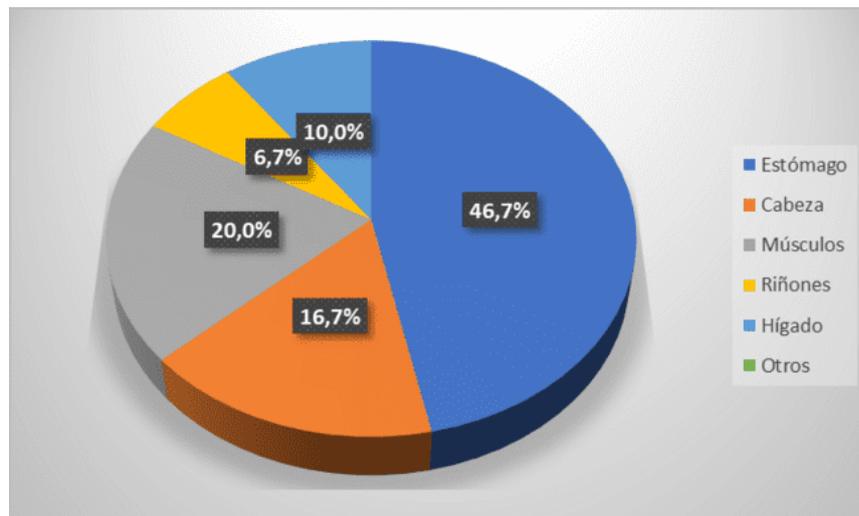


Ilustración 4-12: Parte del cuerpo afectada por el consumo de los productos agrícolas de la parroquia Izamba.

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

Interpretación:

El 46,7% de la población encuestada indicó que el estómago es la zona más afectada en la salud de sus familiares, el cáncer de estómago es una de las enfermedades más comunes que se presentan, el 20% indica que tienen una deficiencia muscular, el 16,7% menciona problemas de migraña, el 6,7% afirma que tiene problemas en los riñones, finalmente el 10% menciona tener problemas con el hígado.

4.5 Matrices de identificación y valoración de impactos ambientales

Tabla 4-2. Matriz causa-efecto

PARROQUIA IZAMBA			MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN		TRANSFORMACIÓN DEL SUELO Y CONSTRUCCIÓN	PROCESOS				RECURSOS RENOVABLES	TRATAMIENTO Y VERTIDO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO QUÍMICO				
			Alteración de la cubierta terrestre	Riego	Emplazamientos industriales y edificios	Agricultura	Industria Carnica	Industria textil	Industria Alimenticia	Utilización de abonos	Vertidos de efluentes urbanos y aguas de riego	Fertilización	Estabilización química del suelo	plaguicida	Pesticidas	
ACCIONES PROPUESTAS																
CONDICIONES CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS	TIERRA	SUELOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
	AGUA	Calidad		X	X		X	X	X		X					
	AIRE	Calidad (gases, partícula)			X					X		X	X	X	X	
	PROCESOS	Erosión	X	X	X	X							X	X	X	
CONDICIONES BIOLÓGICAS	FAUNA	Pájaros (Aves)	X	X		X				X				X	X	
		Insectos	X		X	X				X					X	
		Microfauna	X		X	X				X					X	
FACTORES CULTURALES	USOS DEL TERRITORIO	Agricultura	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	
		Residencial	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
		Comercial	X	X	X	X	X	X	X	X	X					
		Industrial	X	X	X	X	X			X	X					
	NIVEL CULTURAL	Estilos de vida			X	X	X	X	X		X					
		Salud y seguridad				X	X	X	X		X			X	X	
		Empleo			X	X	X	X	X							
		Densidad de población				X	X	X	X							
SERVICIOS E INFRAESTR	Eliminación de residuos sólidos			X	X	X	X						X	X		
RELACIONES ECOLÓGICAS	Invasión de malezas		X		X	X			X	X	X	X	X	X		

Realizado por: Hernández, A.; Medina, S. 2023

Tabla 4-3. Matriz de Leopold

PARROQUIA IZAMBA			MODIFICACIÓN DEL RÉGIMEN		TRANSFORMACIÓN DEL SUELO Y CONSTRUCCIÓN	PROCESOS				RECURSOS RENOVABLES	TRATAMIENTO Y VERTIDO DE RESIDUOS	TRATAMIENTO QUÍMICO				NÚMERO DE IMPACTOS POSITIVOS	NÚMERO DE IMPACTOS NEGATIVOS	TOTAL DE IMPACTOS NEGATIVOS	TOTAL DE IMPACTOS POSITIVOS	PROMEDIO DE IMPACTOS NEGATIVOS	PROMEDIO DE IMPACTOS POSITIVOS	PROMEDIO ARITMÉTICO	IMPACTO POR SUBCOMPONENTE	IMPACTO POR COMPONENTE	IMPACTO TOTAL DEL PROYECTO
			Aterramiento de la cubierta terrestre	Riego		Emplazamientos industriales y edificios	Agricultura	Industria Carnica	Industria textil			Industria Alimenticia	Utilización de abonos	Vertidos de efluentes urbanos y aguas de riego	Fertilización										
ACCIONES PROPUESTAS																									
CONDICIONES QUÍMICAS	TIERRA	SUELOS	(-5)	(-5)	(-7)	(-5)	(-5)	(-5)	(-4)	(+2)	(-5)	(-7)	(+5)	(-8)	(-7)	2	13	-70	7	-5,38	3,5	-135	-135	-302	-271
		AGUA	Calidad		(-6)	(-3)			(-7)	(-7)	(-7)						0	6	-33	0	-5,5	0	-87		
	AIRE	Calidad (gases, partícula)			(-5)						(-5)	(-5)	(-3)	(-5)	(-5)	0	6	-28	0	-4,67	0	-28	-28		
	PROCESOS	Erosión	(-3)	(-1)	(-5)	(-3)										0	6	-16	0	-2,67	0	-52	-52		
CONDICIONES BIOLÓGICAS	FAUNA	Pájaros (Aves)	(-3)	(-3)		(+5)				(+3)				(-3)	(-3)	2	4	-12	8	-3	4	-4	-104		
		Insectos	(-5)		(-3)	(-5)				(+5)				(-3)	(-3)	1	7	-39	5	-5,57	5	-58			
		Microfauna	(-7)		(-6)	(-6)				(+5)				(-3)	(-7)	(-6)	1	6	-41	5	-6,83	5		-42	
FACTORES CULTURALES	USOS DEL TERRITORIO	Agricultura	(+3)	(+5)	(-5)			(-3)		(+6)	(+8)	(-4)	(+5)	(+5)	(+2)	(+2)	8	4	-5	36	-1,25	4,5	113	142	
		Residencial	(+5)	(-1)	(-3)	(-1)	(-3)	(-3)	(-1)	(-1)	(-6)	(-3)					1	8	-19	5	-2,38	5	-16		
		Comercial	(+3)		(-1)	(-1)	(+3)	(+4)	(+5)	(-6)	(-3)						4	4	-11	15	-2,75	3,75	4		
		Industrial	(+3)	(-3)	(+5)	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)	(-3)					2	5	-9	8	-1,80	4	-8		
	NIVEL CULTURAL	Estilos de vida			(+7)	(-3)	(-1)	(+5)	(+5)		(-5)						3	3	9	17	3,00	5,67	37		
		Salud y seguridad				(+6)	(-2)	(-2)	(-1)	(-1)	(-7)				(-4)	(-4)	1	6	-20	6	-3,33	6,00	-24		
		Empleo			(+5)	(+5)	(+5)	(+5)	(+5)	(+5)							5	0	0	25	0,00	5,00	49		
	Densidad de población				(+5)	(+5)	(+5)	(+5)	(+5)							4	0	0	20	0,00	5,00	50			
	SERVICIOS E INFRAESTRUCTURAS	Eliminación de residuos sólidos			(-7)	(+3)	(-5)	(-5)	(-5)	(-5)				(-3)	(-3)	2	4	-27	3	-6,75	1,5	-63	-63		
	RELACIONES ECOLÓGICAS	Invasión de malezas		(-3)		(-3)				(+5)	(-1)	(+5)	(+5)	(-5)	(-10)	3	5	-22	15	-4,4	5	-7	-7		

Realizado por: Hernández, A.; Medina, S. 2023

Los impactos ambientales evaluados en base a una valoración cualitativa mediante una matriz causa-efectos (tabla 3-18), facultó la relación de cada factor ambiental significativo por la actividad agrícola de la parroquia de Izamba del cantón Ambato en la provincia de Tungurahua, específicamente por el uso de pesticidas, fungicidas y fertilizantes.

Para el análisis cuantitativo se registró cada una de las actividades relevantes en una matriz de Leopold, la cual está compuesta por varios factores que afectan a la parroquia de Izamba en base a los estudios de calidad del suelo agrícola y los fenómenos que influyen tanto positivamente como negativamente, mediante información recopilada por las encuestas, la observación de campo y por datos mencionados de los agricultores.

Al finalizar esta matriz, como se puede observar los fenómenos que afectan la calidad del suelo agrícola de la parroquia son negativos en su mayoría con un promedio de -271. Lo que significa que esta zona necesita recibir atención y ayuda para todos los habitantes, en especial los agricultores.

Modificación del régimen

En este fenómeno, se establecieron dos causas que pueden afectar de manera directa en el sector agrícola, como alteración de la cubierta terrestre y el riego que impactan negativamente sobre las características fisicoquímicas a tratar, en el cual el factor tierra es el más afectado a comparación con los otros elementos, esto se debe a que el suelo agrícola de esta parroquia está siendo removido constantemente ya sea para cultivar, o en otros casos para construir. En el caso del riego este afecta al suelo dependiendo de su calidad y de todo lo que viene acarreado desde su fuente hasta las acequias del terreno donde suelen ser depositadas.

Muchas veces esta alteración de cubierta terrestre puede ocasionar erosión en el suelo, esto a causa de la pérdida de la capa fértil del suelo por sobreexponerla ante una degradación afectada principalmente por el riego de agua y el viento. Sin embargo, también afecta negativamente a la fauna del lugar como las aves, insectos y microfauna, porque su nicho ecológico se ve afectado, sufriendo cambios bruscos hasta que puedan adaptarse a su nuevo entorno.

Sin embargo, puede afectar de forma positiva moderadamente a la agricultura para que la siembra sea más factible, además de que la alteración de la cubierta terrestre es beneficiosa para la construcción cuando el uso del territorio es residencial, comercial e industrial, pero este uso no suele ser beneficioso para el sistema de riego, por los residuos que pueden entrar en contacto y

contaminarlo en el trayecto hacia los cultivos, consecuentemente ayudando a la invasión de maleza.

Transformación del suelo y construcción

El emplazamiento industrial y de edificios es una realidad que se expande cada día en la parroquia de Izamba, puesto que según el PDOT de su municipio establece que existe un plan de urbanización, esto es palpable a simple vista en el lugar, con los cambios en cuanto a sus carreteras y mercados, además de construcciones de condominios en terrenos que solían utilizarse para la agricultura y eran el hábitat de pájaros, insectos y microfauna que al verse invadidos han tenido de adaptarse o desaparecer.

Actualmente reside un parque industrial, un camal y una industria de curtiembre que suelen ocasionar un poco de incomodidad tanto a los terrenos utilizados para la agricultura, por el hecho de ser expuestos a contaminantes por el sistema de riego que desencadena en las acequias, como también en suelos comerciales y residenciales por el ruido y el olor que estos pueden provocar en sus actividades.

A nivel cultural podría asegurarse que este emplazamiento industrial ha beneficiado a las personas del lugar por darles un empleo que ha mejorado sus estilos de vida, pero se ha vuelto un problema al momento de eliminar los residuos sólidos que estos han provocado, al no ser mitigados para reducir su contaminación.

Procesos

Los procesos desarrollados en esta parroquia como la agricultura, la industria cárnica, textil y alimentaria tienen a ser negativos en la mayoría de los factores en los que impactan, esto debido a que causan contaminación al suelo al sobreexplotarlo para la producción, como al momento de eliminar sus residuos o verterlos directamente en el suelo y agua ya sea por accidentes o a propósito sin un buen plan de manejo de los mismos.

A nivel cultural puede ocasionar beneficios múltiples, porque asegura empleo, y activación económica, pero puede causar problemas en la salud y seguridad de las personas al tener que respirar con las emanaciones que realizan en cada actividad. Y que muchas veces las personas que trabajan en estas fábricas suelen presentar enfermedades o pequeñas mutilaciones.

Recursos renovables

La utilización de abonos orgánicos ya sea la gallinaza o el abono de ganado ovino suele ser beneficioso para el sector agrícola, donde el suelo es nutrido de forma natural, sin causarle daños o alteraciones, su único problema sería el aroma y olor que este representa antes de ser mezclado con la tierra en la labranza. Lo cual afecta principalmente al sector del suelo residencial y comercial. Todos los nutrientes que este posee son desintegrados y asimilados por el suelo, con ayuda de su microbiota, y por las aves, insectos y la microfauna del lugar.

Tratamiento y vertido de residuos

El tratamiento y vertido de residuos suele ser un gran problema de la parroquia de Izamba, puesto que no son manejados por una planta de tratamiento de aguas, y cuando suele llover debido a la mala educación de las personas sobre el desecho de basura y la mala canalización, se taponan los sumideros y estos a su vez hacen revotar las aguas negras que se desbordan y terminan en los terrenos agrícolas.

Tratamiento Químico

Por la sobreexplotación del suelo agrícola de la parroquia de Izamba, la fertilidad del mismo se ha visto afectada, provocando que muchos de sus cultivos no logren alcanzar el tamaño y grosor esperado, como consecuencia los agricultores de la zona se han visto obligados a acudir a fertilizaciones con cueros de curtiembre al inicio de la labranza y con urea a medida que crecen sus cultivos.

Lamentablemente la fertilización no suele ser el único problema de los agricultores, también lo son las plagas y la maleza que invaden los cultivos y arruinan las cosechas; al depender de la demanda y oferta la ganancia no es una fuente estable que garantice su buen vivir, siendo el detonante para que la densidad poblacional del sector tienda a bajar por migración hacia otros lugares en busca de empleos más rentables. Por lo que utilizan plaguicidas y pesticidas, dependiendo de la agresividad de la plaga, que cada vez es más difícil de aniquilar por su resistencia a estos químicos, perjudicando a la fauna del lugar como las aves, insectos beneficiosos como las abejas y la microfauna que terminan intoxicados. Incluso la salud de las personas tanto del productor como del consumidor es afectada por estos químicos que puede ser leves hasta graves a largo plazo.

4.6 Resultados de pH, conductividad eléctrica (CE), contenido de materia orgánica (MO), densidad y textura

Tabla 4-4: Resultados de análisis de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y densidad

CÓDIGO	DR (g/ml)	DA (g/ml)	pH.	CE (uS/cm)	% MO
IPISM1	2,35000	1,10133	7,6867	112,533333	2,3100
IPISM2	2,14667	1,06100	7,7067	128,166667	2,0600
IPISM3	2,15667	1,13300	8,2200	135,600000	2,6667
IPISM4	2,02667	1,11200	8,1833	137,633333	2,8633
IPISM5	1,84667	1,07400	8,0400	242,800000	3,1733
IPISM6	2,14667	1,15100	8,3367	292,500000	2,8100
IPISM7	2,27333	1,11400	8,4300	167,266667	3,0600
IPISM8	2,18333	1,12600	9,0367	184,766667	3,0933
IPISM9	2,19000	1,12633	8,1767	964,466667	3,9067
IPISM10	2,40333	1,20667	8,8700	144,333333	2,0233
IPISM11	2,05000	1,15933	8,5300	143,100000	2,7500
IPISM12	2,22000	1,12800	8,7700	122,200000	2,5033
IPISM13	2,29000	1,17900	8,7600	130,533333	1,9833
IPISM14	2,16333	1,03467	8,3833	159,933333	4,9400
IPISM15	1,80333	1,21867	8,1900	86,123333	2,7967
F-ANOVA	1,984 ^{NS}	914,031***	25,262***	911,258***	106,995***
DMS	0,339705	0,004835	0,2266	20,571322	0,2138

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra pH= Potencial de hidrógeno, CE= Conductividad eléctrica, MO= Porcentaje de materia orgánica, Dr= Densidad real, Da= Densidad aparente

*** Diferencia significativa con un 99,9 % de confiabilidad

NS Diferencia no significativa

4.6.1 pH

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de pH, se observa una diferencia estadística significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

Como se puede observar en la tabla el pH analizado de los 15 puntos del suelo de la parroquia de Izamba oscila entre 7,2467 hasta 8,5900. Según los criterios de calidad del suelo agrícola en base al AM 97A, se establece que el pH de este debe ser de 6 a 8 (MAAE, 2015), lo que sugiere que el suelo agrícola analizado no se encuentra saludable, puesto que la mayor parte de cultivos se desarrollan mejor en suelos ligeramente ácidos a neutros, donde las plantas tienden a tener un grado mayor de asimilación de los nutrientes (Moreno, González y Egido, 2015). Mientras que los

suelos alcalinos al contener grandes cantidades de sodio no permiten la fácil asimilación de nutrientes e intervienen en el desarrollo de las plantas, por lo que se puede deducir la razón de los agricultores para fertilizar con abono químico sus cultivos en la fase de crecimiento y desarrollo.

4.6.2 Conductividad eléctrica

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de Conductividad eléctrica, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

La ejecución de labores agrícolas y la posterior comercialización de los productos cultivados están condicionadas por el desarrollo de las plantas y su capacidad para absorber el agua presente en el suelo. Esta capacidad está estrechamente relacionada con la concentración de sales presentes en el suelo. Cuando la concentración de sales es alta, existe el riesgo de que las plantas sufran intoxicación por salinidad, lo que implica la absorción de fitotoxinas como aluminio, sodio, cloro, zinc, cobre, boro y manganeso (Cueva, 2019).

La conductividad eléctrica analizada de los 15 puntos del suelo de la parroquia de Izamba oscila entre 964,466667 a 86,123333 uS/cm; en los límites permisibles establecidos en el acuerdo ministerial 97-A para suelo agrícola, la conductividad eléctrica es de 200 uS/cm. según lo antes mencionado, significa que 14 puntos entran en el rango establecido, a excepción del punto IPISM9, esto se debe a que la muestra extraída del suelo pertenece a un invernadero, este suelo es afectado principalmente por la adición de nutrientes de plantas de pequeño enraizamiento que producen una alta salinización.

4.6.3 Contenido de materia orgánica (MO)

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras del porcentaje de materia orgánica, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí

La presencia de materia orgánica en el suelo tiene un impacto positivo en la productividad agrícola, ya que proporciona una alta capacidad de intercambio catiónico y retiene la humedad en el suelo. Esta materia orgánica está compuesta por nutrientes esenciales que son beneficiosos para los cultivos, especialmente en términos de suministro garantizado de nitrógeno (Alvarado, 2008).

La cantidad de materia orgánica en los suelos generalmente es limitada, representando solo del 95 al 99% del peso seco total de los organismos vivos. Sin embargo, existen excepciones en las que puede superar el 2%. En suelos arcillosos de calidad media, se considera deseable alcanzar un nivel de materia orgánica del 2%, aunque puede descender a 1,65% en suelos pesados y llegar hasta un 2,5% en suelos arenosos. (Cornelio, Malena y Pablo, 2005, pp. 1-12).

La materia orgánica presente en los suelos se divide en compuestos húmicos y no húmicos. El humus, que constituye alrededor del 65% al 75% de la materia orgánica en los suelos minerales, se encuentra en un porcentaje inferior al 20% en los suelos que cubren el 95% de la superficie terrestre global. Los suelos que presentan un mayor contenido de materia orgánica se conocen como suelos orgánicos. En promedio, el contenido de materia orgánica en los suelos cultivados varía entre el 1% y el 6% (Soto-mora, Hernández-vázquez y Luna-zendejas, 2016, pp. 102).

La concentración de materia orgánica en el suelo agrícola de la parroquia de Izamba se encuentra en el rango de 1,9833% a 4,9400%, lo cual indica que se sitúa dentro de los límites mencionados anteriormente para un suelo fértil. En comparación con los estudios de Soto, E en el 2016 para la evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas de México, presentaron valores muy bajos que oscilaban entre 0.9 a 1.1% MO, menores a los estándares establecidos en su país. (Matter, Role y Agriculture, 2006, pp. 49-61).

4.6.4 Densidad

Mediante el empleo del programa SPSS 22, al examinar los resultados de las muestras de densidad real y densidad aparente, se evidencia una diferencia estadísticamente significativa menor al 0,1%. Esto implica que los datos obtenidos presentan variaciones en la densidad aparente. No obstante, en lo que respecta a los resultados de la densidad real, se observa una diferencia no significativa, lo cual sugiere que dichos resultados son similares entre sí.

La densidad real de las partículas densas presentes en el suelo varía según la proporción de elementos constituyentes del suelo y, en general, suele ser alrededor de 2,65 g/ml. Por otro lado, la densidad aparente (DA) es una propiedad ampliamente utilizada en agricultura y está relacionada principalmente con las prácticas de manejo de suelos y agua. Tiene una gran influencia en la productividad de los cultivos, incluso más que los fertilizantes, debido a su comportamiento en relación a la disponibilidad y la tasa de difusión de los nutrientes en el suelo. A medida que aumenta la densidad aparente, se produce una mayor compactación del suelo, lo cual afecta las condiciones de retención de humedad y limita el crecimiento de las raíces.

En suelos de textura fina, la densidad aparente varía entre 1 a 1,2 g/ml, mientras que en suelos arenosos es mayor, oscilando entre 1,2 a 1,6 g/ml. Según los datos obtenidos de 15 puntos de muestra en la parroquia de Izamba, el intervalo de densidad aparente se encuentra entre 1,03467 y 1,21867 g/ml. Según la investigación de Chinchilla (2011), se puede determinar que el suelo pertenece al orden de los entisoles, específicamente a una clasificación de franco arenoso arcilloso. Presenta una textura moderadamente gruesa, con una cantidad significativa de arena que aumenta con la profundidad, y los contenidos de arcilla son inferiores al 20%. Por lo tanto, se comprende que estas áreas siguen siendo adecuadas para la práctica agrícola.

Mientras que, para la densidad real, se ha observado un rango de 1.8033 a 2.4033 g/ml, lo cual indica que las partículas densas del suelo se encuentran dentro de los límites establecidos por la FAO. Sin embargo, en contraste con la investigación de Morales (2020), se ha observado una densidad notablemente alta debido a la falta de contacto con las cenizas del volcán Tungurahua en la parroquia de Izamba. Estas cenizas pueden tener un impacto significativo en los cultivos. Además, los suelos de esta zona se clasifican como Andisoles, lo cual también puede influir en la densidad del suelo. (Santos y Rica, 2011, pp. 83-107)

4.6.5 Textura

Tabla 4-5: Resultados de análisis de textura

CÓDIGO	Tipo de Textura	CÓDIGO	Tipo de Textura	CÓDIGO	Tipo de Textura
IPISP1	Franco arenoso	IPISP8	Franco arenoso	IPISP15	Franco arenoso
IPISP2	Franco arenoso	IPISP9	Franco arenoso		
IPISP3	Franco arenoso	IPISP10	Franco arenoso		
IPISP4	Franco arenoso	IPISP11	Franco arenoso		
IPISP5	Franco arenoso	IPISP12	Franco arenoso		
IPISP6	Franco arenoso	IPISP13	Franco arenoso		
IPISP7	Franco arenoso	IPISP14	Franco arenoso		

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra

La textura del suelo se refiere a la proporción de los componentes inorgánicos, como arena, limo y arcilla. Esta propiedad juega un papel importante en la fertilidad del suelo, su capacidad de retención de agua, la aireación y el contenido de materia orgánica. Según los análisis de las muestras, los suelos dominantes presentan una fracción granulométrica de textura franco-arenosa.

Esta característica se debe a la ubicación geográfica del suelo y a las condiciones predominantes a nivel parroquial, que se caracterizan por tener una textura media y un buen drenaje (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2018, pp. 1-3)

4.7 Micronutrientes

Tabla 4-6: Resultados de análisis de micronutrientes.

CÓDIGO	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)
IPISM1	2,35000	1,10133	7,8633	0,102033
IPISM2	2,14667	1,06100	7,6433	0,104733
IPISM3	2,15667	1,13300	8,0667	0,109800
IPISM4	2,02667	1,11200	7,7600	0,099867
IPISM5	1,84667	1,07400	7,9467	0,137900
IPISM6	2,14667	1,15100	8,1333	0,170767
IPISM7	2,27333	1,11400	8,2033	0,101100
IPISM8	2,18333	1,12600	8,5900	0,105267
IPISM9	2,19000	1,12633	7,7167	0,402333
IPISM10	2,40333	1,20667	8,0267	0,027289
IPISM11	2,05000	1,15933	7,9533	0,113833
IPISM12	2,22000	1,12800	8,1433	0,110633
IPISM13	2,29000	1,17900	7,9767	0,097533
IPISM14	2,16333	1,03467	7,5300	0,108600
IPISM15	1,80333	1,21867	7,2467	0,025368
F-ANOVA	5015,921***	3055,016***	1,068 ^{NS}	60,288***
DMS	0,35834	0,16855	16313,38765	13,195535

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra Zn= Zinc, Cu= Cobre, Fe= Hierro, Mn= Manganeseo.

*** Diferencia significativa con un 99,9 % de confiabilidad.

NS Diferencia no significativa.

En términos generales, los micronutrientes son necesarios para el crecimiento y desarrollo de las plantas, y su presencia en los suelos de Ecuador puede estar sujeta a diversas influencias, como el tipo de suelo, el pH y la disponibilidad de nutrientes. Por esta razón, se llevaron a cabo análisis de suelo con el fin de detectar posibles deficiencias de micronutrientes en ellos (Carrillo, 2010, pp. 2-3).

4.7.1 Zinc

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de Zinc como micronutriente, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

Los informes de análisis de suelo en la zona de Izamba indican que los niveles de zinc (Zn) se encuentran dentro de los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097, que es de 200 mg/kg.

Los niveles de zinc (Zn) registrados oscilan entre 1,80333 y 2,40333 mg/kg (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36) La disminución en los niveles de zinc se debe a la falta de suministro de nutrientes antes de la aplicación, lo que lleva a la planta a utilizar sus reservas para sobrevivir. Al aplicar zinc (Zn), se compensa parcialmente la cantidad consumida por la planta, aunque en cantidades mínimas, debido a que el zinc (Zn) es un micronutriente. Como resultado, se produce una disminución en los niveles de este elemento en comparación con los niveles iniciales. (Evaluación et al., 2017, pp. 43-44)

4.7.2 Cobre

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de Cobre, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

En su estado natural, el cobre se encuentra asociado a compuestos minerales presentes en el suelo. Estos minerales liberan el ion Cu^{2+} , el cual se desplaza hacia las áreas de intercambio del suelo con la planta. A través de las raíces, la planta absorbe el ion Cu^{2+} y lo incorpora a diversos procesos, incluyendo la biosíntesis de clorofila (Corbalán, 2016, pp. 107-108).

Los informes de análisis de suelo en la zona de Izamba muestran que los niveles de cobre (Cu) se encuentran dentro de los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097, que es de 63 mg/kg. Los niveles de cobre registrados varían entre 1,03467 y 1,21867 mg/kg (Evaluación et al., 2017, pp. 43-44).

Los suelos orgánicos son más propensos a presentar deficiencia de cobre, ya que retienen este elemento de manera muy fuerte, dejando solo una pequeña cantidad disponible para el cultivo. Los suelos arenosos también tienden a ser deficientes en cobre debido a su alta capacidad de lixiviación (Lanchimba, 2016, pp. 119).

4.7.3 Hierro

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de Hierro, se observa una diferencia no significativa. Esto indica que dichos resultados son similares entre sí.

El informe de los análisis de muestra de suelos en el área de Izamba revela que los niveles de hierro (Fe) tienen un rango de 7,2467 a 8,5900 mg/kg, no muestran una diferencia significativa. Según la investigación realizada por Carlos Vargas en la parroquia de Laso, en la provincia de Cotopaxi, los resultados de los análisis de muestreos de hierro en esa área arrojaron valores de 96,69 y 76,37 mg/kg. Es importante destacar que los niveles de hierro en las muestras de la parroquia de Izamba son considerablemente más bajos que los de la parroquia de Laso (Esquivel, 2020, pp. 5-7)

La deficiencia de hierro es un factor limitante en el crecimiento de las plantas. Aunque el hierro está presente en cantidades significativas en los suelos, su disponibilidad para las plantas suele ser muy baja, lo que resulta en una deficiencia común de hierro (Juárez, Cerdán y Sánchez, 2007, pp. 1-32)

4.7.4 Manganeseo

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de manganeso, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

La concentración de manganeso (Mn) en los suelos utilizados en la agricultura puede variar debido a diversos factores, como el pH del suelo, la humedad, la presencia de microorganismos y la cantidad de materia orgánica presente. Según un estudio realizado por Manuel Gómez en los suelos del altiplano Cundiboyacense en Colombia, el contenido total de manganeso oscila entre 200 y 3.000 mg/kg, y puede encontrarse en formas divalentes, trivalentes o tetravalentes. Sin embargo, las formas más oxidadas son menos absorbibles para las plantas (Gómez, 2006, pp. 3)

Un exceso de manganeso puede provocar daños en la fotosíntesis y otros procesos vitales, como la actividad enzimática. En los suelos de la parroquia Izamba, los niveles de manganeso son inferiores a 1 mg/kg. La deficiencia de manganeso reduce tanto el rendimiento como la calidad de los cultivos, principalmente debido a la disminución en el proceso de fotosíntesis y la síntesis de almidón. (Sela, 2015, pp. 2-3)

La disponibilidad de manganeso se ve influenciada por el pH y el potencial redox. En suelos bien ventilados, se favorece la oxidación mediante la acción biológica cuando el pH es superior a 5,5, lo que reduce su disponibilidad (Lanchimba, 2016, pp. 119)

4.8 Macronutrientes

Tabla 4-7: Resultados de análisis de macronutrientes.

CÓDIGO	K (mg/kg)	NA (mg/kg)	Ca (mg/kg)	P (mg/kg)
IPISM1	741,1690	4823,38033	416,85400	346,4233
IPISM2	879,9033	4561,47533	438,19133	416,9167
IPISM3	745,8463	4242,69733	295,89333	70,4100
IPISM4	1027,2382	3757,83567	276,38000	659,2867
IPISM5	898,0821	6532,64300	1383,05267	1005,3100
IPISM6	411,8761	4512,01633	879,57433	913,8400
IPISM7	897,4384	5307,35800	864,94567	652,6700
IPISM8	1228,2346	4010,38367	87,52267	245,0767
IPISM9	1780,7907	7238,95333	2568,38400	722,3833
IPISM10	889,1339	3862,55967	392,10967	263,4667
IPISM11	981,8675	1977,77133	612,53400	450,1633
IPISM12	595,9097	2370,97667	267,67700	153,3333
IPISM13	862,7888	4023,34767	207,37500	262,2767
IPISM14	574,9458	3591,48333	252,89567	642,4533
IPISM15	702,2755	1891,84100	70,53800	120,0700
F-ANOVA	10806,42 ***	2615,219 ***	21842,55***	20665,22***
DMS	8,8718	83,86925	12,648085	5,83885

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra **K**= Potasio, **Na**= Sodio, **Ca**= Calcio, **P**= Fosforo.

*** Diferencia significativa con un 99,9 % de confiabilidad.

Los macronutrientes son aquellos elementos esenciales que proveen los nutrientes necesarios para la planta en la síntesis de clorofila, hidrólisis de azúcares, producción de aminoácidos y formación de proteínas (Isea et al., 2004, pp. 660-666). Estos nutrientes se requieren en cantidades significativas. Es importante destacar que la presencia adecuada de nutrientes en el suelo no garantiza automáticamente una nutrición adecuada de las plantas, ya que estos elementos deben estar disponibles en una forma asimilable para los cultivos y requerir un desarrollo adecuado. (G.J, 2013, pp. 2)

4.8.1 Potasio

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de potasio, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

En la agricultura intensiva el aporte de K de los suelos no siempre es suficiente para satisfacer la demanda de los cultivos. Aun cuando el contenido de K total del suelo puede ser 4% o más. El potasio es un macronutriente absorbido por las plantas en grandes cantidades, siendo superado sólo por el N y, a veces por el Ca. Es el nutriente que menores problemas de disponibilidad presenta, ya que, en general, la provisión de este elemento en los suelos es aceptable. Esta cantidad está presente casi exclusivamente en forma inorgánica. Las concentraciones de potasio total en el suelo pueden variar, un rango general aproximado está entre 0,04% – 0,80% (400 mg a 8000 mg por Kg) (Lara et al., 2002, pp. 3-5).

El contenido mínimo de potasio (K) en el complejo de intercambio catiónico para lograr un alto nivel de fertilidad debe encontrarse en el rango del 3 al 7 por ciento. Sin embargo, los resultados obtenidos de las muestras de suelo de 15 puntos indican que la fertilidad del suelo no es óptima, ya que el intervalo de concentración de potasio se encuentra entre 0,0411% y 0,17% (Sanzano, 2014, pp. 6-8).

El contenido de potasio en las muestras de suelo de la parroquia de Izamba varía entre 411,8761 y 1780,7907 mg/kg, lo cual indica que se encuentra dentro del rango establecido. Sin embargo, en comparación con la investigación llevada a cabo por Asitimbay y Yumiseba en el cantón Mocha de la provincia de Tungurahua, se concluye que el suelo en la zona de Izamba tiene una baja concentración de potasio.

4.8.2 Sodio

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de Sodio, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

Debido a que el sodio no es un nutriente esencial para las plantas, los signos de su deficiencia generalmente no son muy notorios. Estas deficiencias son consideradas poco comunes, ya que el sodio se encuentra presente en la mayoría de las fuentes de agua y también en los fertilizantes (aunque como impurezas), pero no en la solución del suelo. Sin embargo, si hubiera una escasez significativa de sodio, podrían aparecer síntomas como clorosis, necrosis o dificultades en el proceso de floración. (V et al., 2007, pp. 7).

La sodicidad o alcalinización ocurre cuando la solución del suelo contiene altas concentraciones de sales sódicas que pueden experimentar hidrólisis alcalina, específicamente carbonato y bicarbonato de sodio. Los suelos sódicos se forman cuando el ion sodio desplaza a otras bases en

el complejo de adsorción y se adhiere a la estructura superficial, en un nivel de competencia que supera el 15% de los cationes intercambiables (Fertilab, 2007, pp. 3-4).

Los análisis de concentración de sodio en los 15 puntos de las muestras de suelo recolectadas en la parroquia de Izamba, en el cantón Ambato, mostraron valores que oscilan entre 1891,84100 mg/kg y 9645,51100 mg/kg, con un nivel de confiabilidad del 99,9%. Según los estudios realizados por Álvaro G.J. sobre "el sodio y su importancia en el crecimiento vegetal", se ha verificado que los problemas causados por un exceso de sodio suelen manifestarse cuando los niveles superan los 50 ppm o 50 mg/kg. Por lo tanto, se concluye que el suelo en esta zona presenta un exceso de sodio (Lamz y González, 2013, pp. 5).

4.8.3 Calcio

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de calcio, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El calcio es un macronutriente fundamental para la nutrición de las plantas. En el suelo, este elemento desempeña un papel crucial en la agregación de partículas, junto con las sustancias húmicas. Además, el calcio tiene la capacidad exclusiva de desplazar el sodio de las partículas del suelo. La concentración de calcio en el suelo exhibe una gran variabilidad, con una media estimada de 1,37%, la cual depende del material original y del grado de meteorización del suelo. En suelos con un pH neutro, que oscila entre 6.6 y 7.5, es menos probable que se presenten deficiencias de calcio (Peña, 2014, pp. 3-4). En suelos alcalinos, el calcio generalmente se encuentra en forma de caliza (carbonato de calcio), un mineral que proporciona una disponibilidad adecuada de calcio siempre que el pH no sea excesivamente alto. Sin embargo, en condiciones de alcalinidad, con un pH superior a 9, la solubilidad de la caliza disminuye considerablemente, lo que conduce a la competencia entre el sodio y el calcio. Esto puede ocasionar problemas de baja disponibilidad de calcio (Caceres, 2017, pp. 3-5).

Los análisis realizados en las muestras de suelo de los 15 puntos de la parroquia de Izamba en el cantón Ambato revelan concentraciones de calcio que varían entre 70,53800 mg/kg y 2568,38400 mg/kg, con un nivel de confiabilidad del 99,9%. En comparación con la alta concentración de sodio encontrada, se puede concluir que existen problemas de disponibilidad de calcio, el cual desempeña un papel crucial en la creación y mantenimiento de la estructura de los suelos agrícolas. (Vélez-carvajal, Melo-Martínez y Flórez-Roncancio, 2014, pp. 171-185).

4.8.4 Fosforo

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de fosforo, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

La disponibilidad de fósforo en el suelo se refiere a la proporción limitada del fósforo total presente en el suelo, que refleja tanto el fósforo presente en la solución del suelo como en la fase sólida, que puede ser absorbido por las plantas. El fósforo es un elemento esencial para la vida, siendo fundamental en la estructura del ADN y en la molécula de ATP, encargada de transportar energía en las células. (Rosen, 2020, pp. 1-12). Las plantas requieren fósforo para su crecimiento, por lo cual los agricultores han utilizado fertilizantes fosfatados en sus cultivos desde hace miles de años. Sin embargo, el fósforo puede perderse en diversas etapas de la producción y procesamiento de alimentos.

El fósforo presenta una baja solubilidad al formar compuestos débilmente solubles con cationes de carga doble y simple. Como resultado, la cantidad de fósforo presente en la solución del suelo es muy limitada. Las plantas que crecen en el suelo absorben esta pequeña cantidad de fósforo presente en la solución, la cual está en equilibrio con el fósforo contenido en la fase sólida. Cada forma química presente en el suelo contribuye de manera diferente a la disponibilidad de fósforo para el cultivo. La cantidad de fósforo disponible en el suelo no es un valor fijo y constante, ya que varía según las condiciones ambientales que, a su vez, afectan tanto al suelo como al desarrollo de las plantas.

La deficiencia de fósforo en el suelo puede ser causada principalmente por el pH. En suelos alcalinos, con un pH superior a 7, la solubilidad del fósforo disminuye debido a su reacción con el calcio (Ca), formando compuestos insolubles o de baja solubilidad como los fosfatos de calcio. Por otro lado, en suelos ácidos con un pH inferior a 6, tiende a ser fijado por el aluminio (Al) y el hierro (Fe), precipitando como compuestos insolubles. En este sentido, el rango de pH óptimo en el suelo, donde se logra la máxima disponibilidad de fósforo, se encuentra entre 6 y 7. (Rojas, 1999, pp. 6-7).

De acuerdo con la investigación realizada por Cesar E en 2002, los valores de concentración de fósforo se clasifican como muy bajos por debajo de 5 mg/ kg1, bajos entre 5 y 10 mg kg-1, medios entre 10 y 20 mg kg-1, y adecuados por encima de 20 a 25 mg kg-1. En los 15 puntos analizados del suelo de la parroquia de Izamba, se encontró un rango de concentración de fósforo que varía

entre 70,4100 a 1005,3100 mg/kg, con un pH de 7,68 a 9,04. A pesar de estar dentro del rango adecuado mencionado anteriormente, debido a que el suelo es alcalino, se espera una disminución en la solubilidad del fósforo debido a la formación de fosfatos de calcio. (INTAGRI, 2017, pp. 4-undefined).

4.9 Sulfatos, nitratos y cloruros

Tabla 4-8: Resultados de análisis Sulfatos, Nitratos y Cloruros.

CÓDIGO	Sulfatos (mg/kg)	Nitratos (mg/kg)	Cloruros (mg/kg)
IPISM1	113,28033	27,32067	15598,00
IPISM2	116,61133	25,98767	26705,67
IPISM3	116,63200	17,99500	20797,33
IPISM4	113,28300	23,66333	15125,33
IPISM5	99,98100	31,99400	16779,67
IPISM6	203,30267	44,32700	33559,33
IPISM7	103,30867	17,99567	18434,00
IPISM8	103,30500	22,66033	16307,00
IPISM9	123,29733	216,93700	19379,33
IPISM10	103,30467	26,65933	14652,67
IPISM11	123,29267	11,99600	15834,33
IPISM12	126,62067	28,32333	17961,33
IPISM13	146,64100	23,32933	18434,00
IPISM14	129,99033	36,33033	18670,33
IPISM15	103,30700	25,99333	14180,00
F-ANOVA	11553,65 ***	56,668 ***	46,627 ***
DMS	9,940295	1,340545	2165,69

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra

*** Diferencia significativa con un 99,9 % de confiabilidad.

4.9.1 Sulfuros

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de sulfatos, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

La planta absorbe sulfato a través de las raíces y también puede absorber dióxido de azufre del aire. Sin embargo, cuando la planta está expuesta a dosis elevadas de sulfato, puede experimentar intoxicación debido a que este compuesto no se mueve fácilmente en los tejidos vegetales (Echeverría, 2006, pp. 3).

En el suelo de Izamba, los niveles de sulfato se encuentran en un rango de 99,98100 a 203,30267 mg/kg, con un nivel de significancia inferior al 0,1%. Según un estudio realizado por HE Echeverría en la localidad de Balcarce, Argentina, los niveles de sulfato en ese lugar se encuentran en un rango de 3,3 a 3,9 mg/kg (Harter, 2009, pp. 40-41). Según Ankerman, para suelos de textura media y la mayoría de los cultivos, las concentraciones de sulfato se consideran bajas si son menores a 3 mg/kg, moderadas si están entre 4 y 7 mg/kg, y altas si están entre 8 y 12 mg/kg. En consecuencia, las muestras de suelo de la parroquia de Izamba presentan niveles relativamente altos de sulfato (Walter Barrett, 2001, pp. 50-52).

4.9.2 Nitratos

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de nitratos, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El nitrato es altamente soluble en agua, lo que lo hace muy móvil en el suelo de los campos de cultivo. Esto tiene un impacto significativo en los cultivos de regadío, ya que los nitratos pueden filtrarse hacia capas más profundas del suelo en un proceso conocido como lixiviación, lo cual puede causar la contaminación de acuíferos y pozos (Stefanie y Kortman, 2014, pp. 1-16).

En el suelo de Izamba, los niveles de nitrato se encuentran en un rango de 11,99600 a 44,32700 mg/kg, con un nivel de significancia inferior al 0,1%. Según un estudio realizado por Isaac Rojas en el estado de Sonora, México, los niveles de nitrato provenientes de la actividad agrícola alcanzaron los 26,469,00 mg/kg en 2017. Según la Grower-Shipper Association, que realiza pruebas rápidas de nitrato para guiar la toma de decisiones en la aplicación de fertilizantes basada en la necesidad de nitrógeno de los cultivos, se recomienda un valor de 20 mg/kg de nitrato en el suelo agrícola. Esto significa que tanto en Izamba, Ecuador, como en Sonora, México, los niveles de nitrato son excesivos, lo cual tiene un impacto ambiental en los acuíferos y las plantas (Rojas-rodríguez et al., 2019, pp. 247-256).

4.9.3 Cloruros

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de cloruros, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

De acuerdo con Chapman H, se considera normal encontrar valores de cloruros en suelos agrícolas que oscilan entre 10 y 300 mg/kg. Además, se establece que un rango satisfactorio para la mayoría de las plantas está por debajo de 10 a 75 mg/kg, mientras que un rango considerado excesivo se encuentra entre 100 y 200 mg/kg.

En el suelo de Izamba, se registran niveles de cloruros en un intervalo de 14180,00 a 33559,33 mg/kg, con un alto grado de confiabilidad del 99,9% y un nivel de significancia inferior al 0,1%. Estos valores indican que el nivel de cloruros en el suelo es excesivo, lo que implica que el suelo requiere una mayor cantidad de agua (Chapman y Pratt, 1991.).

4.10 Carbono y nitrógeno

Tabla 4-9: Resultados de análisis de carbono y nitrógeno

CÓDIGO	N (%)	CO (%)
IPISM1	0,011791	1,220
IPISM2	0,011799	1,020
IPISM3	0,006941	1,070
IPISM4	0,010412	1,070
IPISM5	0,022213	1,170
IPISM6	0,013186	1,265
IPISM7	0,018043	1,070
IPISM8	0,007635	1,265
IPISM9	0,027067	1,360
IPISM10	0,013186	1,165
IPISM11	0,011104	1,510
IPISM12	0,004165	2,630
IPISM13	0,004858	0,630
IPISM14	0,009023	0,925
IPISM15	0,004164	0,830
F-ANOVA	148,846 ***	21,302***
DMS	2165,691	0,292

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra N= Nitrógeno, C= Carbono.

*** Diferencia significativa con un 99,9 % de confiabilidad.

4.10.1 Carbono

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de carbono, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El contenido de carbono orgánico (CO) en los suelos agrícolas es una propiedad química importante que puede indicar la calidad y fertilidad del suelo. Según el Departamento de Agricultura de Australia (2013), la concentración de carbono puede variar dependiendo del tipo de suelo estudiado. En suelos desérticos, puede ser tan bajo como 0,3%, mientras que en suelos productivos puede llegar hasta el 14%. Niveles bajos de carbono orgánico en suelos agrícolas pueden sugerir la necesidad de implementar medidas para mejorar la calidad del suelo (Food, 2013, pp. 82).

Los resultados del análisis de carbono orgánico en las muestras de suelo de Izamba se encuentran en un rango de 0,630% a 2,630%, con un nivel de significancia inferior al 0,1%. Según un estudio realizado por Asitimbay y Yumiseba en el cantón de Mocha, los resultados obtenidos se encuentran dentro del intervalo de 2,39% a 5,67%. En otro estudio realizado por Mora en suelos agrícolas de México, se encontró un porcentaje de carbono orgánico de 1,17% (David et al., 2022.). Los datos obtenidos en Izamba son relativamente bajos en algunos casos debido al tipo de suelo al que corresponden, especialmente en suelos franco-arenosos, que tienden a tener una menor capacidad de retención de carbono. Es importante destacar que el carbono orgánico total está estrechamente relacionado con la materia orgánica, ya que contribuye a la regeneración de nutrientes y al secuestro de carbono (Soto-mora, Hernández-Vázquez y Luna-Zendejas, 2016, pp. 102).

4.10.2 Nitrógeno

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de nitrógeno, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El nitrógeno es un elemento esencial para el adecuado crecimiento de las plantas, considerado como un macronutriente. En el suelo, el nitrógeno puede existir en forma orgánica (98%) o inorgánica (2%). Las plantas solo pueden absorber el nitrógeno en forma de nitratos (NO_3^-) y amoníaco (NH_4^+).

Los resultados de los análisis de nitrógeno (N) en las muestras de suelo en Izamba muestran un rango de 0,004164 a 0,027067, con un nivel de significancia inferior al 0,1%. Comparando con el estudio realizado por Mora en suelos agrícolas de México, donde se encontró un intervalo de 0,006 a 0,17, los valores de nitrógeno en Izamba se consideran bajos según los estándares de referencia establecidos por Rodríguez y Rodríguez para suelos agrícolas (Cabrera et al., 2015, pp. 5-12).

4.11 Metales pesados

Tabla 4-10: Resultados de análisis de metales pesados.

CÓDIGO	Ni (g/ml)	Cr (g/ml)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)	Se (mg/kg)
IPISM1	16,55333	0,41500	0,6333	0,42967	0,37433
IPISM2	19,65267	1,34600	0,3400	0,52200	0,60967
IPISM3	14,59700	0,79300	0,1167	0,63700	0,58933
IPISM4	9,41367	0,51767	0,1767	0,46300	0,25100
IPISM5	15,54900	0,45033	0,1500	0,71900	0,20400
IPISM6	14,78933	0,50500	0,1633	0,44700	0,13233
IPISM7	11,90767	0,55933	0,1633	0,71733	0,25300
IPISM8	10,33300	0,98933	0,2533	1,06867	0,17800
IPISM9	9,59300	0,48333	0,1100	0,62300	0,28200
IPISM10	14,89433	0,67833	0,1300	0,51300	0,24200
IPISM11	11,06433	0,57333	0,1167	0,61700	0,28133
IPISM12	6,88633	0,37000	0,0600	0,27500	
IPISM13	8,21400	0,56100		0,54333	0,25100
IPISM14	8,10800	0,54300	0,1000	1,07567	0,27100
IPISM15	9,49600	0,39000		0,33133	0,21500
F-ANOVA	21,181***	2487,139***	162,620 ***	176,975 ***	72,284***
DMS	2,32869	0,015		0,049975	

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

IPIS= Código de muestra, Ni= Níquel, Cr=cromo, Hg=Mercurio, As=Arsénico, Se=Selenio

*** Diferencia significativa con un 99,9 % de confiabilidad.

4.11.1 Níquel

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de níquel, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El contenido de níquel (Ni) en el suelo está influenciado en gran medida por el material parental del cual se originó. Además, la presencia de níquel en la superficie del suelo puede ser indicativa de contaminación. La literatura científica internacional ha reportado valores de níquel total en suelos de todo el mundo que oscilan entre 0,2 y 450 mg kg⁻¹. Se sabe que, aunque el níquel es un elemento esencial para las plantas superiores, su exceso en forma disponible puede resultar tóxico, por lo que se clasifica como un metal pesado (Beltrán, 1987, pp. 3).

Existe en el suelo en las formas: Ni en la solución del suelo, intercambiable y no intercambiable, en minerales, y asociado con la materia orgánica. El Ni es absorbido por las plantas en forma de catión divalente Ni^{2+} y es requerido por las plantas superiores en bajas concentraciones, necesario en el metabolismo del nitrógeno y la germinación de la planta (Ugarte et al., 2015, pp. 25-33).

El acuerdo ministerial 97A de la constitución del Ecuador establece que en criterios de calidad del suelo este debería de poseer 19 mg/kg de Ni y que su máximo permisible en suelo agrícola es de 50 mg/kg, según los resultados obtenidos de los 15 puntos de las muestras de suelo de la parroquia de Izamba encontramos un contenido de Ni que oscila entre 6,88633 a 19,65267, por tanto, existe en algunos suelos deficiencia de Ni. Las razones principales que provocan una falta de níquel es un pH superior a 7.0, suelos arenosos o con una baja capacidad de intercambio catiónico (CIC), altos niveles de calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu) o zinc (Zn), niveles elevados de fósforo, suelos que están secos y/o fríos al comienzo de la primavera, la aplicación excesiva de nitrógeno al inicio de la primavera y la presencia de nematodos que dañan el sistema de raíces (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36).

4.11.2 Cromo hexavalente

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de cromo hexavalente, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El cromo se acumula en el suelo y el agua como resultado de la contaminación ambiental generada por actividades como la curtiembre, la producción de textiles y la fabricación de productos que utilizan cromo. También puede liberarse de forma natural al quemar gas, petróleo o carbón. En los alimentos, se encuentra el cromo trivalente de manera natural, aportando pequeñas cantidades al organismo humano. Por otro lado, la intoxicación por cromo hexavalente ocurre cuando se consume alimentos contaminados, ya que tiene la capacidad de acumularse en el organismo.

El cromo hexavalente, al ser clasificado como un carcinógeno, tiene un impacto principalmente en los pulmones y los senos. Este metal, cuando se ingiere, tiene la capacidad de permanecer en las células, tejidos y órganos durante largos periodos de tiempo, extendiéndose por años (Torres, 2011, pp. 1-2).

De acuerdo con el acuerdo ministerial 97A de la constitución del Ecuador, el límite máximo permitido para la concentración de cromo hexavalente es de 0,4 mg/kg. Según la EPA (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos), el rango normal de cromo en el suelo oscila entre

0,1 y 0,5 mg/kg, mientras que el rango considerado tóxico se sitúa entre 5 y 30 mg/kg (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36).

En contraste con los resultados obtenidos de los 15 puntos de la parroquia de Izamba que oscilan entre 0,37000 a 1,34600 mg/kg, se podría decir que existe una concentración excesiva de cromo hexavalente, esto puede ser como consecuencia del uso de cueros de curtiembre como abono o también por el uso del agua de regadío el cual no posee un tratamiento adecuado y arrastra contaminantes al estar en contacto con el suelo.

4.11.3 Mercurio

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de mercurio, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El mercurio se encuentra de forma natural en la naturaleza, principalmente en forma de sulfuros, y está presente en todos los tipos de rocas, ya sean ígneas, sedimentarias o metamórficas. Las pizarras ricas en materia orgánica contienen cantidades significativas de este metal. Una vez que el mercurio se deposita en el suelo, las especies Hg^{2+} están sujetas a una amplia gama de reacciones químicas y biológicas. Tanto las fuentes naturales como las actividades humanas, como las prácticas agrícolas, como la fertilización, pueden liberar mercurio al medio ambiente (FAO, 2015, pp. 4).

En los suelos, el mercurio se encuentra de manera natural en concentraciones bajas, generalmente por debajo de 0,1 ppm (partes por millón). Sin embargo, en áreas relacionadas con depósitos metálicos de oro y molibdeno, la concentración de mercurio puede ser mayor, oscilando entre 0,02 y 0,25 ppm, e incluso alcanzando valores de hasta 2 ppm. En el caso de depósitos específicos de mercurio, los niveles de este metal son considerablemente más altos, llegando en algunos casos a 100 ppm.

En la agricultura, se ha observado que la aplicación de lodos y fertilizantes fosfatados puede aumentar la concentración de mercurio en el suelo. Es importante tener en cuenta que el contenido de metales pesados en los lodos de las plantas de tratamiento de aguas residuales limita su uso en la agricultura, y su aplicación está regulada tanto en el sector agrícola como en la fabricación de fertilizantes que utilizan materiales de origen vegetal o animal. Además, se ha comprobado que en la producción de fertilizantes fosfatados se generan subproductos de mercurio que pueden transferirse al suelo durante su aplicación.

El mercurio (Hg) tiende a acumularse en mayor proporción en los primeros centímetros del suelo, y las concentraciones suelen disminuir a medida que se profundiza. Esta distribución se debe a que la disponibilidad del mercurio no solo está determinada por su forma química, sino también por las características del suelo, como el pH, el potencial redox y el contenido de coloides (Caiza, 2018, pp. 6-7).

De acuerdo con lo establecido en el acuerdo ministerial 97A de la constitución ecuatoriana, el límite máximo permitido de mercurio en el suelo para uso agrícola es de 0,8 mg/kg. Según los resultados obtenidos en el análisis de suelo, con excepción del punto 13 y el blanco, se determinó que la concentración de mercurio en la parroquia de Izamba se encuentra dentro de los límites permitidos, ya que oscila entre 0,0600 mg/kg y 0,6333 mg/kg (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36).

4.11.4 Arsénico

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de arsénico, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El arsénico es un elemento ampliamente presente en la atmósfera, rocas, suelo, hidrosfera y biosfera. Su movilidad se debe a una combinación de procesos naturales como la meteorización, actividad biológica y emisiones volcánicas, así como a procesos antropogénicos como la actividad minera, el uso de combustibles fósiles, pesticidas, aditivos alimentarios, pigmentos, entre otros (Gálvez, 2020, pp. 45-46).

La Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece que los suelos agrícolas pueden contener arsénico en concentraciones que varían de 1 a 60 mg/kg. Por otro lado, según el Consejo Canadiense de ministros del Medio Ambiente (CCME), la concentración máxima de arsénico en el suelo debe ser de 12 mg/kg (Hugo, Ochoa y Contreras, 2022, pp. 131-138). Además, según el acuerdo ministerial 097A de la constitución ecuatoriana, el límite máximo permitido de arsénico en el suelo agrícola es de 12 mg/kg. En base a los resultados obtenidos en el análisis de las muestras de suelo de la parroquia de Izamba, que varían entre 0,27500 y 1,06867 mg/kg, se puede concluir que se encuentran dentro de los límites permitidos (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36). La parroquia de Izamba se encontraría con niveles de arsénico muy bajos y no representan un riesgo ecológico en comparación con los estudios de Jiménez en el 2018 sobre la concentración

de arsénico en la parroquia de Papallacta del cantón Quijos, pues estas superan los 66,7 mg/kg, siendo un peligro para la salud humana (Jiménez, 2018, pp. 66-67).

4.11.5 Selenio

Utilizando el software SPSS 22, al analizar los resultados de las muestras de Selenio, se observa una diferencia estadísticamente significativa inferior al 0,1%. Esto indica que los datos obtenidos muestran variaciones entre sí.

El selenio presente en el suelo puede existir en formas orgánicas e inorgánicas, pero las plantas solo pueden utilizarlo en forma inorgánica, como el selenato y el selenito. La materia orgánica del suelo actúa como una reserva importante de selenio, que estará disponible para que las plantas lo absorban a lo largo del tiempo (Unidos, 2019, pp. 1-3). En la mayoría de los suelos del mundo, la concentración de selenio es baja, oscilando entre 0.01 y 2.0 mg/kg, con un promedio de 0.4 mg/kg. Sin embargo, en suelos conocidos como seleníferos, se pueden encontrar concentraciones de selenio ≥ 1200 mg/kg (Intagri y Se, 2018, pp. 1-5).

La transferencia de selenio del suelo y del agua a los seres humanos ocurre a través de productos agrícolas y productos animales (Becvort-azcurra, Fuentes-Lara y Benavides-Mendoza, 2012, pp. 291-301). La cantidad de selenio presente en los alimentos refleja directamente el contenido de este elemento en el suelo. Sin embargo, es importante tener precaución con el consumo excesivo de selenio, ya que puede ocasionar problemas graves, como dificultad para respirar, temblores, disfunción renal, ataques e insuficiencia cardíacos. De acuerdo con el acuerdo ministerial 097 A de la constitución ecuatoriana, el límite máximo permitido de concentración de selenio en suelos agrícolas es de 2 mg/kg (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36). Al analizar las muestras de suelo de los 15 puntos de la parroquia de Izamba, se ha encontrado que los valores se encuentran dentro de los límites permitidos, con rangos que van desde 0,13233 a 0,60967 mg/kg, a excepción del punto 12 donde no se detectó presencia de selenio. Es importante tener en cuenta que la ausencia de selenio en el punto 12 puede presentar problemas, ya que cantidades pequeñas de este elemento sirven como suministro para las plantas, lo que les permite mostrar niveles más bajos de peroxidación lipídica, una mayor actividad de enzimas antioxidantes y una mejor resistencia al estrés oxidativo causado por la radiación ultravioleta (Unidos, 2019, pp. 1-3).

4.12 Agua de riego agrícola

Tabla 4-11: Resultados de análisis de agua de riego agrícola.

Análisis	Resultados
pH.	8,32
Ce (milimhos/cm)	0,69
turbidez	30,10
Sulfatos (mg/l)	32,00
Nitratos (mg/l)	14,50
Fosfatos (mg/l)	2,39
Cromo (mg/l)	0,05
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	24.000

Realizado por: Hernández A; Medina S. 2023

pH= Potencial de Hidrogeno, **CE=** Conductividad eléctrica.

Con el fin de mejorar nuestra investigación, se llevó a cabo un análisis de una muestra de agua utilizada para el riego agrícola, que arrojó los siguientes resultados:

4.12.1 pH

El valor del pH en el agua de riego del área de Izamba es de 8,32, lo cual se encuentra dentro del rango de 6-9 establecido por el Acuerdo Ministerial 097 (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36). Es crucial considerar que el pH se encuentre dentro de estos criterios, ya que tiene un impacto significativo en el rendimiento de los cultivos (Corbalán, 2016, pp. 107-108).

4.12.2 Conductividad eléctrica

En el sector de Izamba, la conductividad eléctrica es de 0,69 milimhos/cm, lo cual se encuentra por debajo del intervalo establecido de 0,7-3,0 según el Acuerdo Ministerial 097. Los valores de conductividad eléctrica en Izamba son bajos, lo cual puede deberse a la presencia de compuestos orgánicos que no son buenos conductores de electricidad o a la temperatura del agua (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36).

4.12.3 Turbidez

La cantidad de material en suspensión presente en el agua, conocida como turbidez, está determinada por procesos naturales de erosión y actividades humanas. En el caso del agua en Izamba, la turbidez registrada es de 30,10 UNT. Sin embargo, según el estudio realizado por

Silvia Illanes en el sector de Santa Lucía en Salcedo-Ambato, se obtuvo un resultado de 18 UNT, lo que indica una menor concentración de turbidez en comparación con Izamba. Esta diferencia puede atribuirse a la contaminación proveniente del parque industrial, el camal y las curtiembres presentes en el área de Izamba (Cuasque, 2016, pp. 54-55).

4.12.4 Sulfatos

En el sector de Izamba, se ha registrado una concentración de sulfatos en el agua de riego agrícola de 32 mg/l. Este valor es mayor en comparación con la investigación realizada por Karen Cantuña en el canal principal de riego de Tumbaco en Quito, donde se encontró una variación de 13 a 24 mg/l. La presencia de un valor alto de sulfatos en Izamba puede atribuirse a la susceptibilidad a la contaminación por actividades agrícolas, ya que está expuesto a fertilizantes y residuos orgánicos (Karen, 2017, pp. 116-120).

4.12.5 Nitratos

En relación con los niveles de nitratos en el agua destinada al riego agrícola, no existe ningún problema si los niveles son altos, ya que el nitrógeno es utilizado por las plantas para su crecimiento. En la zona de Izamba, se ha medido una concentración de nitratos en el agua de 14,50 mg/l. Este resultado se encuentra dentro del intervalo establecido por el Acuerdo Ministerial 097, el cual abarca desde 5,0 hasta 30,0 (Cuasque, 2016, pp. 54-55).

4.12.6 Fosfatos

En el sector de Izamba, se ha registrado un contenido de fosfatos en el agua de 2,39 mg/l. Según la investigación realizada por Karen Cantuña en el canal principal de riego de Tumbaco en Quito, se encontró que los niveles de fosfatos oscilan entre 0,68 y 8,15 mg/l. La presencia de fosfatos en el agua puede atribuirse a diversos factores, como desechos domésticos, agrícolas e industriales (Karen, 2017, pp. 116-120).

4.12.7 Cromo hexavalente

En el sector de Izamba, el nivel de cromo en el agua de riego agrícola es de 0,05 mg/l, lo cual se encuentra dentro de los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097, que es de 0,1 mg/l. El hecho de que la cantidad de cromo esté dentro de los límites ayuda a prevenir problemas de

salud en la población, ya que niveles más altos podrían aumentar el riesgo de cáncer de estómago (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36).

4.12.8 *Coliformes fecales*

En el agua de riego agrícola del sector de Izamba, se ha detectado una presencia elevada de coliformes fecales, alcanzando un nivel de 24000 NMP/100 ml, lo cual excede los límites establecidos por el Acuerdo Ministerial 097, que es de 1000 NMP/100 ml. Esta situación evidencia una contaminación significativa causada por la presencia de heces humanas y animales, debido a la alta concentración encontrada en la muestra (MAAE-Acuerdo Ministerial 097-A, 2015, pp. 34-36).

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se evaluó la incidencia de los metales pesados por el método de absorción atómica de llama, en los cuales se encontró cantidades pequeñas de Mercurio (Hg), Selenio (Se), Arsénico (Ar) y Níquel (Ni) y con un contenido en exceso de cromo hexavalente (Cr^{+6}), en la mayoría de casos estos elementos están dentro de los parámetros permitidos, esto como consecuencia de las malas prácticas agrícolas, debido al uso de fertilizantes inorgánicos, urea y cueros de curtiembre utilizados para nutrir el suelo en cada nueva siembra, además que las aguas de regadío que llegan a estos terrenos son el resultado de la acumulación de residuos del parque industrial, el camal y curtiembres aledañas a la parroquia de Izamba.
- Se determinó cartográficamente los 15 puntos a evaluar dentro de la parroquia de Izamba, por medio del sistema Google Earth se levantó una línea base topográfica, utilizando el método de muestreo al azar, debido a que dentro del PDOT del municipio de la parroquia de Izamba se informa que este sector se encuentra dentro de un programa de urbanización, lo cual se puede verificar visualmente, además estos hechos han desencadenado en varios problemas sociales, económicos y ambientales.
- Se analizó la concentración de cromo hexavalente y parámetros fisicoquímicos por triplicado, de las muestras extraídas en los 15 puntos escogidos dentro de la parroquia de Izamba, para comprobar si el uso de los fertilizantes no orgánicos inciden en la calidad del suelo agrícola, encontrando a un suelo con textura franco arenoso, un pH neutro-alcalino, una conductividad eléctrica alta y una densidad alta, en el caso del cromo hexavalente este supera los límites máximos permisibles de $0,4 \text{ mg/kg Cr}^{+6}$ basándonos en el acuerdo ministerial 97 A de la constitución ecuatoriana y $0,5 \text{ mg/kg Cr}^{+6}$ en la EPA de los Estados Unidos.
- Se estableció los impactos ambientales y de salud relacionados con metales pesados provenientes de los fertilizantes no orgánicos y plaguicidas utilizados en suelos agrícolas de la parroquia Izamba, por medio de las encuestas aplicadas a los agricultores del sector, que se corroboró mediante la matriz de Leopold los factores más afectados dentro del medio económico, social y ambiental que van estrechamente ligados al ser un sector productivo, donde su desarrollo depende de la demanda y oferta de cultivos. Por lo tanto, los agricultores

deben evitar la pérdida de sus sembríos, para ello utilizan mayor cantidad de urea, cueros de curtiembre y plaguicidas que afectan a la salud de ellos y del consumidor, además que estas medidas producen contaminantes que se dispersan en el suelo, agua y aire del sector.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda analizar la cobertura vegetal de la parroquia de Izamba con la finalidad de conocer que concentración de metales pesados es asimilado por las plantas cultivadas.
- Se recomienda seguir evaluando la calidad del suelo de la parroquia de Izamba, con el objetivo de conocer si la concentración de metales pesados, macro y micronutrientes aumentan o disminuyen con el paso del tiempo.

BIBLIOGRAFÍA

ALONSO, A. y ALONSO, I.A., 2007, pp. 22-24. pesados en plantas. , vol. 16.

ARÉVALO, G., 2013, pp. 13. Fertilizantes Composición. *Zamorano* [en línea], Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/1b28480c-2924-42a4-867b-c2bf13e6d8ff/content>.

ARMIENTA, D., KECK, C., FERGUSON, B. y SALDÍVAR, A., 2019, pp. 161-178. Huertos escolares como espacios para el cultivo de relaciones. <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-80/Huertos-escolares-como-espacios-para-el-cultivo.pdf> [en línea], vol. 19. Disponible en: <https://www.ipn.mx/assets/files/innovacion/docs/Innovacion-Educativa-80/Huertos-escolares-como-espacios-para-el-cultivo.pdf>.

BARETTA, D., BECEGATO, V.A. y DE, V., 2017, pp. 1-14. Bioacumulación de cobre / zinc y el efecto de la fitotoxicidad en el crecimiento de lechuga (*Lactuca sativa* L .) en suelos no contaminados , contaminados con metales y enriquecidos con estiércol porcino. , no. iv.

BOSE, S.K. y CHAKRABORTY, U.C., 1957, pp. 14. Resolutions Adopted at the General Session of the VIII All India Pediatric Conference at Vellore on the 21st December, 1956. *The Indian Journal of Pediatrics*, vol. 24, no. 1. ISSN 00195456. DOI 10.1007/BF02796157.

BRAVO, S., MORENO, M.M. y HIGUERAS, P., 2017, pp. 22-24. Influence of the soil pH in the uptake and bioaccumulation of heavy metals (Fe , Zn , Cu , Pb and Mn) and other elements (Ca , K , Al , Sr and Ba) in vine leaves , Castilla-La Mancha (Spain). , vol. 174, no. March.

CEPEDA, F., 2013, pp. 98. Desarrollo de las capacidades organizativas y cognitivas de los agricultores de Quillán Loma para la exportación de productos agrícolas. ,

CHAPARRO G., A.L., GARCÍA F., J.J., CARDONA R., Y., BUSTAMANTE C., J.J. y

PELÁEZ P., M., 2016,pp. 3-15. Desarrollo y validación de un método ambientalmente amigable para determinación de metales pesados en pastos. *Revista de Ciencias Agrícolas*, vol. 33, no. 2. ISSN 0120-0135. DOI 10.22267/rcia.163302.48.

CHÁVEZ PORRAS, Á., 2010,pp. 41-50. Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea], vol. 9, no. 17. ISSN 1692-3324. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75017164003>.

COBB, G.P. y DORWARD-REY, E., 2009,pp. 1-8. Abstracto. , DIETRICH, T. y KLEBAN, M., 2013,pp. 12. Investigación sobre cromo y cuero Un enfoque equilibrado de datos y hechos científicos. ,

DOMÉNECH, J., 2004,pp. 1-10. Plaguicidas. ,

FLORES, C.E.R., 2017,. “*Determinación de cadmio y plomo por espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito en pastos del cantón Quero afectados por las cenizas del volcán Tungurahua*. S.l.: s.n. ISBN 0706513991.

GARCÍA, C., MORENO, J., HERNÁNDEZ, M. y POLO, A., 2002,pp. 125-138. Metales pesados y sus implicaciones en la calidad del suelo. *Ciencia y medio ambiente- CCMA-CSIC* [en línea], Disponible en: <http://hdl.handle.net/10261/111812>.

KESHAVARZIFARD, M., MOORE, F. y SHARIFI, R., 2019,pp. 1-6. Geochemistry The influence of physicochemical parameters on bioavailability and bioaccessibility of heavy metals in sediments of the intertidal zone of Asaluyeh region , Persian Gulf , Iran. , vol. 79, no. 1.

MAATE, 2023., *Plan Nacional de ADaptación al Cambio Climático del Ecuador (2023-2027)* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: www.ambiente.gob.ec.

MACAS, V.J.M.C.E.L.E., 2020,pp. 38-39. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO SUELOS AGRÍCOLAS DE LAS PROVINCIAS DE TUNGURAHUA
AUTORAS : VICTORIA JESSENIA MORALES CRUZ.

MARIELLA MOLDAVA, 2022,pp. 4-5. Espectrometría de absorción atómica : llama ☆.

MÉNDEZ, P., RAMÍREZ, G., CÉSAR, A., GUTIÉRREZ, R., ALMA, D. y GARCÍA, P., 2009,pp. 50-55. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93911243003>.

MÓNICA F. BOCCOLINI, 2016,pp. 15-16. Urea Sobre La Comunidad De Bacterias.

MORALES MORALES, E.J., RUBÍ-ARRIAGA, M., LÓPEZ-SANDOVAL, J.A., MARTÍNEZ-CAMPOS, A.R. y MORALES-ROSALES, E.J., 2019,pp. 1875-1886. Urea (NBPT) una alternativa en la fertilización nitrogenada de cultivos anuales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. 10, no. 8. ISSN 2007-0934. DOI 10.29312/remexca.v10i8.1732.

OLIVARES REUMONT, S., 2013,pp. 285-293. Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la habana, Cuba. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, vol. 29, no. 4. ISSN 01884999.

OÑA, J.L.M. y PAREDES, E.F.Q., 2018,pp. 101. Universidad técnica de cotopaxi. *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad* [en línea], vol. 1. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.

PAZ-FERREIRO, J., MARINHOB, M.D.A., ABREU, C.A. De y VIDAL-VÁZQUEZ, E., 2018,pp. 1-7. Ingeniería de Biosistemas Efectos de la textura del suelo sobre el comportamiento multifractal de las isothermas de adsorción y desorción de nitrógeno. ,

PDOT, 2015,pp. 47-100. PDOT-GAD-Izamba.

ROMIC, M. y ROMIC, D., 2003,pp. 795-805. Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. *Environmental Geology*, vol. 43, no. 7. ISSN 09430105. DOI 10.1007/s00254-002-0694-9.

SILVA, M.J. y SALINAS MORALES, D., 2022,pp. 69-80. La contaminación proveniente de la industria curtiembre, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, vol. 9, no. 1. ISSN 1390-8545. DOI 10.35290/rcui.v9n1.2022.427.

TCHOUNWOU, P.B., YEDJOU, C.G., ANITA, K. y SUTTON, D.J., 2012,. *Toxicidad de metales pesados y el medio ambiente*. S.l.: s.n. ISBN 9783764383404.

UGARTE, O.M., ALFARO, M.R., ÁLVAREZ, A.M., ÁLVAREZ, J.E., AGUIAR, A.M. De, ARAUJO, C.W. y NASCIMENTO, D., 2015,pp. 25-33. Reseña bibliográfica EL NÍQUEL EN SUELOS Y PLANTAS DE CUBA Review Nickel in soils and plants of Cuba. , vol. 36.

URGILES, L., 2013,pp. 45-55. Contaminación del río Ambato. [en línea], Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5721/1/CS-335-2013-Urgilés Lorena.pdf>.

ZENG, F., ALI, S., ZHANG, H., OUYANG, Y., QIU, B., WU, F. y ZHANG, G., 2011,pp. 84-91. The influence of pH and organic matter content in paddy soil on heavy metal availability and their uptake by rice plants. *Environmental Pollution*, vol. 159, no. 1. ISSN 02697491. DOI 10.1016/j.envpol.2010.09.019.

ZURITA, J., 2008,pp. 1-10. Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas , regados con agua del río Bogotá. , vol. 2.

BECVORT-AZCURRA, A., FUENTES-LARA, L.O. y BENAVIDES-MENDOZA, A., 2012,pp. 291-301. PRODUCTIVIDAD Y ESTADO ANTIOXIDANTE DEL FRUTO Application of Selenium in Tomato : Effects on Plant Growth , Productivity and Fruit Antioxidant Status.

BELTRÁN, M.J., 1987,pp. 3. El Níquel en la Nutrición de Cultivos. , no. 1954.

CACERES, M., 2017,pp. 3-5. Ventajas de la fertilización con calcio en cultivos. [en línea], Disponible en: <https://www.agroes.es/agricultura/abonos/216-fertilizacion-con-magnesio-agricultura>.

CAIZA, G.F.C., 2018,pp. 6-7. TRABAJO FIN DE GRADO Autor : Gisela Fernanda Caiza Caiza Tutor : Inmaculada Valverde Asenjo.

CORNELIO, D., MALENA, F. y PABLO, M., 2005,pp. 1-12. “La materia orgánica como indicadora de fertilidad química”.

FAO, 2015,pp. 4. Los suelos sanos son la base para la producción de alimentos saludables. *Año Internacional de los Suelos* [en línea], Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4405s.pdf>.

FERTILAB, 2007,pp. 3-4. El sodio y la fertilidad del suelo.

G.J, Á., 2013,pp. 2. suelo: Macronutrientes del Suelo. *9 De Abril Del 2013* [en línea], no. may. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/macronutrientes-del-suelo>.

GÁLVEZ, E.L., 2020,pp. 45-46. Evaluación de arsénico en suelos agrarios y cultivos en relación al riego con agua contaminada por efluentes mineros del centro poblado de Castrovirreyna.

HUGO, B., OCHOA, F. y CONTRERAS, E.M., 2022,pp. 131-138. Nivel de contaminación del suelo con arsénico y metales pesados en Tiquillaca (Perú). , vol. 24, no. 2.

INTAGRI, 2017,pp. 4-undefined. Síntomas visuales de deficiencia de fósforo en los cultivos. *Artículos técnicos Intagri*, no. 103.

INTAGRI, E.E. y SE, E., 2018,pp. 1-5. Papel del Selenio en la Nutrición Vegetal Artículos Relacionados Microorganismos Ruminales , la Síntesis de Proteínas y el uso de proteínas de.

ISEA, D., BELLO, N., VARGAS, L., DURÁN, J., YABROUDI, S. y DELGADO, J., 2004,pp. 660-666. Acumulación y lixiviación de metales macronutrientes en suelos irrigados con aguas residuales tratadas. *Interciencia* [en línea], vol. 29, no. 12. [Consulta: 22 junio 2023]. ISSN 0378-1844. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-

18442004001200002&lng=es&nrm=iso&tlng=es.

JIMÉNEZ, P.A., 2018,pp. 66-67. Escuela politécnica nacional.

LAMZ, A. y GONZÁLEZ, M.C., 2013,pp. 5. Revisión bibliográfica LA SALINIDAD COMO PROBLEMA EN LA AGRICULTURA: LA MEJORA VEGETAL UNA SOLUCIÓN INMEDIATA Review Salinity as a problem in agriculture: plant breeding an immediate solution. , vol. 34, no. 4.

LARA, A., BARRA, E., JORGE, D., MORENO, H., SPÍNOLA, G., GÓMEZ, A. y CIENTÍFICA, S.D.I., 2002,pp. 3-5. Disponible em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30236102>.

MATTER, O., ROLE, I.T. y AGRICULTURE, I.N., 2006,pp. 49-61. LA MATERIA ORGÁNICA , IMPORTANCIA Y EXPERIENCIAS.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA, 2018,pp. 1-3. La contaminación de los suelos está contaminando nuestro futuro | Historias de la FAO | *Historias de la FAO* [en línea], Disponible en: <https://www.fao.org/fao-stories/article/es/c/1126977/%0Ahttps://recicladoslatrinchera.com/contaminacion-del-suelo/>.

PEÑA, M. M., 2014,pp. 3-4. Introducción.

ROJAS, C., 1999,pp. 6-7. Disponibilidad , del fosforo y su corrección. ,

ROSEN, J., 2020,pp. 1-12. Los agricultores afrontan una crisis del fósforo. La solución empieza en el suelo. | National Geographic. [en línea], Disponible en: <https://www.nationalgeographic.es/ciencia/2020/10/agricultores-afrontan-crisis-de-fosforo-solucion-empieza-en-el-suelo>.

SANTOS, R.D.E.L.O.S. y RICA, C., 2011,pp. 83-107. ANDISOLES , INCEPTISOLES Y ENTISOLES DE LA SUBCUENCA DEL RÍO. , vol. 35, no. 1.

SANZANO, I.A.Ms.A., 2014,pp. 6-8. El potasio del suelo.

SOTO-MORA, E.S., HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, M. y LUNA-ZENDEJAS, H.S., 2016,pp.

102. Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono / nitrógeno.

TORRES, D.P.C., 2011,pp. 1-2. 1 *, 2 1.

UGARTE, O.M., ALFARO, M.R., ÁLVAREZ, A.M., ÁLVAREZ, J.E., AGUIAR, A.M. De, ARAUJO, C.W. y NASCIMENTO, D., 2015,pp. 25-33. Reseña bibliográfica EL NÍQUEL EN SUELOS Y PLANTAS DE CUBA Review Nickel in soils and plants of Cuba. , vol. 36.

UNIDOS, E., 2019,pp. 1-3. Datos sobre el selenio.

V, I.J.S., FERTILIDAD, P.I., SUELO, D.E.L. y SUELO, E.L.C.D.E., 2007,pp. 7. FERTILIDAD DEL SUELO Y NUTRICION MINERAL DE PLANTAS -Conceptos Básicos-.

VÉLEZ-CARVAJAL, N.A., MELO-MARTÍNEZ, S.E. y FLÓREZ-RONCANCIO, V.J., 2014,pp. 171-185. COMPORTAMIENTO DE Ca , Mg y S EN UN SISTEMA DE CULTIVO SIN SUELO PARA CLAVEL. , vol. 20, no. 2. DOI 10.5154/r.rchsh.2013.10.038.

CABRERA, J.R., MORA, A.W.C., MARÍN, C.A.P., IZNAGA, A.C., MUÑOZ, S.G., LÓPEZ, O.R., URRUTIA, A.R., CARRAZANA, R.J., NEMESIO, P. y ARTILES, T., 2015,pp. 5-12. Determinación VIS / NIR del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas Pardos mullidos medianamente lavados. , vol. 42, no. 3.

CARRILLO, E.F.E.C., 2010,pp. 2-3. INIAP-Estación Experimental Santa Catalina.

CHAPMAN, H.D. y PRATT, P.F., 1991,. *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*. 1a. ed. S.l.: Trillas,.

CORBALÁN, E.B., 2016,pp. 107-108. Influencia del tipo de enmienda orgánica, dosis de riego y acolchado de plástico en un cultivo de tomate para industria: dinámica de nutrientes en el sistema suelo-. *Proyecto de investigación*: [en línea], Disponible en: <https://digitum.um.es/xmlui/handle/10201/48172>.

CUASQUE, S.B.I., 2016,pp. 54-55. Universidad técnica de cotopaxi.

DAVID, A., MULLO, A., ANDREA, M. y VIMOS, Y., 2022,. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*. S.l.: s.n. ISBN 0604990200.

ECHEVERRIA, H.E., 2006,pp. 3. *San Martin Sulfato.pdf*. 2006. S.l.: s.n.

ESQUIVEL, G., 2020,pp. 5-7. Importancia del hierro (Fe) en la Agricultura. *Drokasa*, no. Cl.

EVALUACIÓN, ", BIOFERTILIZANTE, D., BASE, F.A. y FRUTAS, D.E., 2017,pp. 43-44. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS CARRERA: INGENIERÍA AGRONÓMICA.

FOOD, A.A.A., 2013,pp. 82. Report card on sustainable. , no. September.

GÓMEZ, M.I., 2006,pp. 3. El manganeso como factor positivo en la producción de papa (*Solanum tuberosum L.*) y arveja (*Pisum sativum L.*) en suelos del altiplano Cundiboyacense Manganese as a positive factor in the potato (*Solanum tuberosum L.*) and pea.

HARTER, R.D., 2009,pp. 40-41. Fertilidad de Suelos. Principios para Desarrollo Sostenible de Agricultura. *ECHO*, vol. 57.

JUÁREZ, M., CERDÁN, M. y SANCHEZ, A., 2007,pp. 1-32. Hierro en el sistema suelo-planta. *Química del Sistema Suelo Planta* [en línea], no. August 2015. ISSN 18238262. Disponible en: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/1845/1/HIERRO.pdf>.

KAREN, C., 2017,pp. 116-120. Escuela politécnica nacional. [en línea], Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19040>.

LANCHIMBA, A., 2016,pp. 119. Estudio de la absorción de nutrientes y eficiencia del riego en el rosal variedad freedom en dos ciclos. [en línea], Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/9547/3/T-UCE-0004-76.pdf>.

MAAE-ACUERDO MINISTERIAL 097-A, 2015,pp. 34-36. Registro Oficial Suplemento 387 de 4 de Noviembre de 2015. *Libro VI, Anexo 5* [en línea], Disponible en: http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu112183.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuato_calidad.pdf.

ROJAS-RODRÍGUEZ, I.S., CORONADO-GARCÍA, M.A., RAMÓN, S. y FÉLIX, R., 2019,pp. 247-256. Contaminación por nitratos y fosfatos provenientes de la actividad agrícola en

la cuenca baja del río Mayo en el estado de Sonora , México Pollution by nitrates and phosphates from agricultural activity in the low basin of the Mayo river in the state of S.

SELA, G., 2015,. El cobre en las plantas | Cropaia. [en línea]. [Consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <https://cropaia.com/es/blog/cobre-en-las-plantas/>.

SELA, G., 2015,pp. 2-3. El manganeso en las plantas | Cropaia. [en línea]. [Consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <https://cropaia.com/es/blog/manganeso-en-las-plantas/>.

SOTO-MORA, E.S., HERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, M. y LUNA-ZENDEJAS, H.S., 2016,pp. 102. Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono / nitrógeno.

STEFANIE y KORTMAN, 2014,pp. 1-16. Cómo Utilizar las Pruebas Rápidas de Nitrato. , no. Septiembre 2014.

WALTER BARRETT, M., 2001,pp. 50-52. Manual de agronomía: análisis de suelos y plantas - DOKUMEN.PUB. [en línea]. [Consulta: 21 junio 2023]. Disponible en: <https://dokumen.pub/agronomy-handbook-soil-and-plant-analysis.html>.

HUERTA, E. " Acumulación de arsénico y metales pesados en maíz en suelos cercanos a jales o residuos mineros". Revista internacional de contaminación ambiental [en línea], 2012, (Chile) vol. 28, (no.2), pp. 103-117. [Consulta: 23 junio 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-499920000201 HUERTOS, E. G. y BAENA, A.R. Contaminación de Suelos por Metales Pesados., vol. 553, no. 3 (2008), pp. 48-60. ISSN 1885-7264.

ANDRÉS, R., RUBEN, O., CALIXTO, B. y ALBERTO, F., 2023, pp. 24-35. Diagnóstico Y Análisis De La Producción Agrícola Y Pecuaria En Las Parroquias Rurales Del Cantón Ambato. [en línea], vol. 10. ISSN 2631-2603. Disponible en: <https://doi.org/10.24133/ris.v10i01.2916>.

SUAREZ, L.Y.T., 2015, pp. 1-27. EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LOS PROCESOS DE RIBERA, CURTIDO Y ACABADOS DE PIELS EN LA EMPRESA ECUATORIANA DE CURTIDOS SALAZAR., no. 1.



ANEXOS

ANEXO A: ENCUESTA DE PLAN DE MUESTREO DE LA PARROQUIA DE IZAMBA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

El objetivo de esta encuesta es obtener información sobre las actividades agropecuarias, a las que se dedican los habitantes en la parroquia Izamba, con la finalidad de evaluar la calidad del suelo para el uso agrícola y establecer un plan de muestreo en estas zonas de afectación por metales pesados.

ENCUESTA

NOMBRE: _____

EDAD: _____

1. ¿Qué tipo de actividad agropecuaria realiza?

- Actividad agrícola _____
- Actividad ganadera _____
- Actividad agrícola y ganadera _____

2. ¿Qué productos agrícolas cultiva usted?

- Maíz _____
- Pasto _____
- Lechuga _____
- Brócoli _____
- Otro _____

3. ¿Cuál es la extensión del terreno cultivable que usted posee?

- Menor a 5 cuadras _____
- 5 a 10 cuadras _____
- 11 a 15 cuadras _____
- 16 a 20 cuadras _____
- Otro _____

4. ¿Qué tipo de plaguicida utiliza?

- Sello rojo _____
- Sello amarillo _____
- Sello azul _____
- Sello verde _____

5. ¿Cada qué tiempo realiza la fumigación con plaguicidas y fungicidas en sus terrenos?

- Cada mes _____
- Cada 3 meses _____
- Cada 6 meses _____

6. ¿Qué tipo de abono usa usted?

- Orgánico _____
- Químico _____
- Otro _____

Yo _____ declaro que he sido **informado** e invitado a participar de la investigación denominada “*Evaluación de la calidad de suelo para uso agrícola en la parroquia de Izamba*”, este es un proyecto de investigación científica, sin fines de lucro.

**ANEXO B: ENCUESTA APLICADA A LA POBLACIÓN DE IZAMBA PARA
EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA SALUD**



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL**

ENCUESTA DE EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD

Estimados pobladores, el objetivo de esta encuesta es obtener información sobre el consumo de los productos obtenidos por el sector agrícola en la Parroquia de Izamba y de esta manera conocer si es seguro para la población con respecto a la presencia de metales pesados. Por tal razón solicitamos su gentil colaboración respondiendo a las siguientes preguntas.

NOMBRE: _____

EDAD: _____

Señale con una X su respuesta

1. Los vegetales que usted consume son producidos por el sector agrícola de la parroquia Izamba.

- Si _____
- No _____

2. ¿Cuántas veces a la semana consume estos productos agrícolas?

- Todos los días _____
- 5 veces _____
- 3 veces _____
- 2 veces _____
- Otro (¿cuál?) _____

3. ¿Por cuántos años ha consumido los vegetales producidos en el sector de Izamba?

- Menor a 5 años _____
- 5-10 años _____
- 10-20 años _____

- 20-30 años _____
- 30-40 años _____
- Otro, ¿Cuál? _____

4. ¿Qué parte de su cuerpo considera usted que ha sido más afectada al ingerir estos productos?

- Estómago _____
- Cabeza _____
- Músculos _____
- Riñones _____
- Hígado _____
- Otro, ¿Cuál? _____

Yo _____ declaro que he sido **informado** e invitado a participar de la investigación denominada “*Evaluación de la calidad de suelo para uso agrícola en la parroquia de Izamba*”, este es un proyecto de investigación científica, sin fines de lucro.

ANEXO C: MUESTREOS Y OBTENCION DE ENCUESTAS.



Obtencion de encuestas.



Obtencion de encuestas.



Obtencion de muestras de suelo



Preparacion de las muestras de suelo

ANEXO D: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE SUELO CULTIVABLE.



Preparación de muestras de suelo previo a análisis de pH y densidad.



Preparación de muestras de suelo previo a análisis de pH y densidad.



Determinación de Textura



Determinación de densidad

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE METALES PESADOS POR ESPECTROSCOPIA DE ABSORCIÓN ATÓMICA CON ATOMIZACIÓN DE LLAMA Y MÉTODO DE HACH.



Muestras de digestión acida.



Preparación de estándares para lectura de metales pesados.



De metales pesados en el espectrofotómetro de absorción atómica con atomizador por llama.



Determinación de Cromo Hexavalente, sulfatos y nitratos por método de HACH.

ANEXO F: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE MUESTRAS DE AGUA DE RIEGO AGRÍCOLA.

	
<p>Determinación de pH y conductividad eléctrica.</p>	<p>Obtención de sulfatos, nitratos, fosfatos y cromo hexavalente.</p>
	
<p>Cultivo de la muestra de agua de riego agrícola para obtención de coliformes fecales.</p>	<p>Resultado del cultivo después de 24 horas en incubación.</p>



esPOCH

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 31/ 10 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Alisson Nicole Hernández Avalos Solange Alexandra Medina Moya
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniero en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

1731-DBRA-UPT-2023

