



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA MATRIZ
PRODUCTIVA DEL CANTÓN GUAMOTE PRODUCIDA POR LA
CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN SANGAY”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES:

CRISTIAN ORLANDO ALLAUCA PAREDES

RICHARD DAVID ANDRADE ALTAMIRANO

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**“EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA MATRIZ
PRODUCTIVA DEL CANTÓN GUAMOTE PRODUCIDA POR LA
CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN SANGAY”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORES: CRISTIAN ORLANDO ALLAUCA PAREDES

RICHARD DAVID ANDRADE ALTAMIRANO

DIRECTOR: Ing. SILVANA PAOLA OCAÑA COELLO, MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

©2023, Cristian Orlando Allauca Paredes & Richard David Andrade Altamirano

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.

Nosotros, Cristian Orlando Allauca Paredes y Richard David Andrade Altamirano, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 24 de mayo de 2023



Cristian Orlando Allauca Paredes
C.I. 060410354-9



Richard David Andrade Altamirano
C.I. 080295473-5

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **"EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA MATRIZ PRODUCTIVA DEL CANTÓN GUAMOTE PRODUCIDA POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN SANGAY"**, realizado por los señores: **CRISTIAN ORLANDO ALLAUCA PAREDES** y **RICHARD DAVID ANDRADE ALTAMIRANO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. María Alexandra Procel Silva. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-05-24
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello, MSc. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-24
Dr. Luis Santiago Carrera Almendáriz ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-05-24

DEDICATORIA

La Presente Tesis está dedicada a Dios, ya que gracias a la bendición de él he logrado concluir mi carrera, a mis padres que siempre estuvieron brindándome su apoyo y sus consejos para ser de mí una excelente persona y a mis hermanas Fernanda que ha estado junto a mí dándome siempre ese aliento de esperanza y a Evelyn mi hermanita que aunque no esté físicamente con nosotros, desde el cielo ella siempre me cuida y me guía para ser mejor persona y ser un buen profesional, a mi gatita Luna que desde que llegó a mi vida ha sido mi fiel compañera incondicional en todos mis días de estudio, así como en mis noches de desvelo ya que con su afecto me daba energías para continuar esforzándome, a los docentes que me guiaron en la preparación como estudiante para adquirir todos los conocimientos que me supieron impartir en cada una de las diferentes aulas de clase para así enriquecer mis capacidades, a nuestros amigos que siempre estuvieron para mi sin importar las adversidades y a mis compañeros presentes y pasados quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos para mejorar mi desempeño estudiantil y también a Cruz Roja Ecuatoriana Junta Provincial de Chimborazo quien supo ser mi apoyo emocional en mis momentos más complejos como estudiante y a todas aquellas personas que estuvieron durante esta travesía a mi lado apoyándome para conseguir este sueño que ahora se hizo realidad.

Cristian

Este trabajo va dedicado para todas las personas que creyeron en mí y aquellas que en su momento me brindaron una mano cuando más lo necesitaba, a Dios por darme la vida, por llenarme de bendiciones y de sabiduría, a mis padres por inculcarme los valores y forjarme como buena persona, por brindarme el apoyo incondicional y tener fe en mí, a los docentes que me guiaron en el desarrollo de nuestro conocimiento, por inculcarme los mejores caminos para que la sabiduría adquirida enriquezca mis capacidades, a mis hermanos que nos alentaron a continuar, por darme los ánimos para no decaer debido a las dificultades, a nuestros amigos que siempre estuvieron para mi sin importar las adversidades y a nuestros compañeros presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos para enriquecerme como profesional.

Richard

“Haz lo que puedas donde estes, con lo que tienes y no te preocupes por el resto”

SLAYFER

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por permitirnos continuar con vida para alcanzar este objetivo. Que a pesar de haber tenido muchas dificultades nunca nos faltó el amor de nuestros seres queridos.

Agradecemos también a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por abrirnos sus puertas y permitirnos ser parte de los grandes profesionales que se forjaron allí, por brindarnos los servicios de magníficos docentes que nos orientaron en todas las dudas que adquiriríamos en el desarrollo de nuestra carrera.

A nuestra asesora de tesis la ingeniera Silvana Ocaña por habernos brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y conocimientos científicos para el desarrollo de nuestra tesis.

A nuestra directora de proyecto la doctora Irene Gavilanes por darnos la oportunidad de pertenecer al Grupo Asociado de Investigación en Biotecnología, Ambiente y Química (GAIBAQ). Quienes nos proporcionaron todos los equipos e insumos requeridos para los análisis.

Finalmente, agradecemos a nuestros padres, hermanos, amigos y compañeros que nos apoyaron en todo sentido, que a pesar de no tener la posibilidad de otorgarles nada a cambio estuvieron para nosotros.

Cristian & Richard

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICES DE ABREVIATURA	xvi
RESUMEN	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.1. <i>Pregunta de investigación</i>	3
1.2. Objetivos de la investigación	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>.....	4
1.3. Hipótesis.....	4
1.4. Justificación	4

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. <i>El volcán Sangay</i>.....	6
2.1.2. <i>Cantón Guamote</i>	6
2.2. Bases teóricas.....	8
2.2.1. <i>El páramo andino</i>.....	8
2.2.1.1. <i>Importancia del páramo</i>	8
2.2.1.2. <i>Materia parental</i>	9
2.2.1.3. <i>Clima</i>	9
2.2.1.4. <i>Vegetación</i>	10
2.2.1.5. <i>Relieve</i>	11
2.2.1.6. <i>Suelo del páramo</i>	11
2.2.2. <i>Erupciones volcánicas</i>	13

2.2.2.1.	<i>Actividad volcánica</i>	13
2.2.2.2.	<i>Emisión de gases</i>	14
2.2.2.3.	<i>Ceniza volcánica</i>	15
2.2.2.4.	<i>Efectos sobre la matriz productiva</i>	17
2.3.	Bases conceptuales	19
2.3.1.	<i>Tipos de suelo del cantón Guamote</i>	19
2.3.1.1.	<i>Según su funcionalidad</i>	19
2.3.1.2.	<i>Según sus características físicas</i>	20
2.3.1.3.	<i>Según su capacidad de uso</i>	21
2.3.2.	<i>Cobertura vegetal natural</i>	24
2.3.2.1.	<i>Cobertura vegetación natural</i>	24
2.3.2.2.	<i>Formaciones vegetales del cantón Guamote</i>	25
2.3.2.3.	<i>Especies vegetales en el cantón Guamote</i>	26
2.3.2.4.	<i>Factores climáticos</i>	27
2.3.2.5.	<i>Biodiversidad</i>	29
2.3.3.	<i>Técnicas de toma y remisión de muestras de suelo</i>	30
2.3.3.1.	<i>Tipo y cantidad de muestras a tomar</i>	30
2.3.3.2.	<i>Características de los muestreos en los diferentes cultivos</i>	31
2.3.3.3.	<i>Situaciones no muestreables</i>	32
2.3.3.4.	<i>Envío de la muestra al laboratorio</i>	32
2.3.4.	<i>Evaluación de impacto ambiental</i>	33
2.3.4.1.	<i>Matriz de Leopold</i>	33

CAPÍTULO III

3.	METODOLOGÍA	35
3.1.	Enfoque de investigación	35
3.2.	Diseño de investigación	35
3.2.1.	<i>Localización del proyecto</i>	35
3.2.1.1.	<i>Ubicación geográfica del proyecto</i>	35
3.2.2.	<i>Población de estudio</i>	36
3.2.3.	<i>Tamaño muestra</i>	36
3.2.4.	<i>Método de muestreo</i>	36
3.2.5.	<i>Técnicas de recolección de datos</i>	36
3.2.5.1.	<i>Cuestionarios</i>	36
3.2.6.	<i>Análisis Estadístico</i>	37

3.2.6.1.	<i>Estudio observacional del contenido de metales pesados</i>	37
3.2.7.	<i>Etapas del proyecto</i>	37
3.2.7.1.	<i>Etapa 1. Identificación de las comunidades de Guamote más afectadas por la ceniza del volcán Sangay y recolección de muestras de suelo – biomasa</i>	37
3.3.	Descripciones de los procedimientos, materiales, reactivos y equipos	37
3.3.1.	<i>Identificación de sectores estratégicos y muestreo</i>	37
3.3.1.1.	<i>Etapa 2. Preparación de muestras de suelo y biomasa recolectadas previamente de la zona de estudio</i>	39
3.3.2.	<i>Preparación de muestras</i>	39
3.3.2.1.	<i>Etapa 3. Caracterización física de las muestras de suelo y biomasa</i>	41
3.3.2.2.	<i>Etapa 4. Caracterización química de las muestras de suelo y biomasa</i>	52

CAPÍTULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	63
4.1.	Análisis de encuestas	63
4.1.1.	<i>Sector agrícola</i>	63
4.1.1.1.	<i>Sección: Socioeconomía</i>	63
4.1.1.2.	<i>Sección: fertilizantes y plaguicidas</i>	68
4.1.1.3.	<i>Sección: Residuos agrícolas</i>	77
4.1.1.4.	<i>Sección: Riego de cultivo</i>	81
4.2.	Revisión ambiental inicial	83
4.2.1.	<i>Descripción geográfica del lugar de estudio</i>	83
4.2.2.	<i>Identificación de los puntos de muestreo</i>	84
4.2.3.	<i>Descripción del medio abiótico</i>	84
4.2.3.1.	<i>Calidad y uso del suelo del cantón Guamote</i>	84
4.2.4.	<i>Calidad y uso del agua del cantón Guamote</i>	86
4.2.4.1.	<i>Hidrología del cantón Guamote</i>	86
4.2.4.2.	<i>Calidad del agua del cantón Guamote</i>	89
4.2.4.3.	<i>Características bacteriológicas</i>	90
4.2.4.4.	<i>Calidad del aire del cantón Guamote</i>	93
4.3.	Descripción del medio biótico	94
4.3.1.	<i>Flora y fauna del cantón Guamote</i>	94
4.3.1.1.	<i>Flora del cantón Guamote</i>	94
4.3.1.2.	<i>Fauna del cantón Guamote</i>	96
4.3.2.	<i>Descripción del medio socioeconómico</i>	97

4.3.2.1.	<i>Población</i>	97
4.3.2.2.	<i>Educación</i>	98
4.3.2.3.	<i>Salud</i>	100
4.3.2.4.	<i>Servicios básicos</i>	100
4.3.2.5.	<i>Vías y transporte</i>	102
4.3.2.6.	<i>Relieve</i>	103
4.3.3.	<i>Descripción del área de influencia de la actividad volcánica</i>	104
4.3.3.1.	<i>Área de influencia Directa</i>	104
4.3.3.2.	<i>Área de influencia indirecta</i>	105
4.4.	Estudio de impacto ambiental	107
4.4.1.	<i>Identificación de impactos ambientales</i>	107
4.4.1.1.	<i>Matriz de identificación</i>	107
4.4.1.2.	<i>Matriz de Leopold</i>	110
4.5.	Resultado del análisis físico químico de muestras del suelo	112
4.5.1.	<i>pH</i>	113
4.5.2.	<i>Conductividad eléctrica</i>	113
4.5.3.	<i>Materia orgánica</i>	114
4.5.4.	<i>Densidad real</i>	114
4.5.5.	<i>Capacidad de intercambio catiónico</i>	114
4.5.6.	<i>Textura</i>	115
4.6.	Resultado del análisis de macro y micronutrientes de muestras del suelo	115
4.6.1.	<i>Macronutrientes de suelo</i>	115
4.6.1.1.	<i>Carbono, nitrógeno & C/N</i>	115
4.6.1.2.	<i>P, K, Na</i>	116
4.6.2.	<i>Micronutrientes de suelo</i>	118
4.6.2.1.	<i>Mn, Cu, Zn</i>	118
4.7.	Resultado del análisis de metales pesados y aniones de muestras del suelo	119
4.8.	Resultado del análisis químico de muestras de biomasa	120
4.8.1.	<i>Resultado de análisis de macronutrientes de muestras de biomasa</i>	120
4.8.2.	<i>Resultado de análisis de metales pesados de muestras de biomasa</i>	123
4.8.2.1.	<i>Cadmio</i>	123
4.8.2.2.	<i>Plomo</i>	123
4.8.2.3.	<i>Níquel</i>	124
4.9.	Resultado de factores de bioconcentración, biotransferencia y bioacumulación	124

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES	125
RECOMENDACIONES	126
BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Rango de valores de propiedades hidrofísicas del suelo en los horizontes	12
Tabla 2-2: Índice de explosividad volcánica	14
Tabla 3-2: Clases y subclases de capacidad de uso de los suelos	24
Tabla 4-2: Formaciones naturales del cantón Guamote con relación a la cobertura vegetal	25
Tabla 5-2: Tipos de clima en el cantón Guamote	28
Tabla 6-2: Precipitación media mensual (mm) de estaciones meteorológicas	28
Tabla 7-2: Flora principal de Guamote	29
Tabla 8-2: Profundidad de toma de muestra por tipo de cultivo	31
Tabla 9-2: Muestreo de suelo para cultivos anuales y perennes	32
Tabla 1-3: Ubicación geográfica del proyecto.....	36
Tabla 2-3: Identificación de sectores estratégicos y muestreo de suelo – biomasa.....	38
Tabla 3-3: Secado de muestras de suelo	40
Tabla 4-3: Determinación de pH para muestras de suelo y biomasa	42
Tabla 5-3: Determinación de CE.....	43
Tabla 6-3: Determinación de materia orgánica de muestras de suelo y biomasa	44
Tabla 7-3: Determinación de densidad real de muestras de suelo	46
Tabla 8-3: Determinación de densidad aparente de muestras de suelo	47
Tabla 9-3: Determinación de la textura del suelo	48
Tabla 10-3: Determinación de carbono orgánico oxidable de muestras de suelo	50
Tabla 11-3: Determinación de cloruros en muestras de suelo y biomasa	53
Tabla 12-3: Determinación de sulfatos, nitratos y fosfatos en muestras de suelo y biomasa	54
Tabla 13-3: Determinación de CIC	55
Tabla 14-3: Digestión de muestras de suelo y biomasa	57
Tabla 15-3: Extracción de Micronutrientes	60
Tabla 16-3: Extracción de macronutrientes	61
Tabla 1-4: Puntos de muestreo de la zona de estudio	84
Tabla 2-4: Superficie y porcentaje de CUT (Capacidad de uso de las tierras), Guamote	86
Tabla 3-4: Hidrología del cantón Guamote	87
Tabla 4-4: Calidad de agua de los ríos del cantón Guamote.....	89
Tabla 5-4: Características bacteriológicas de las muestras de agua	90
Tabla 6-4: Flora del cantón Guamote.....	94
Tabla 7-4: Fauna del cantón Guamote.....	96

Tabla 8-4: Población de las parroquias del cantón Guamote del 2010 al 2020.....	97
Tabla 9-4: Porcentaje de atenciones realizadas en las unidades operativas - Guamote	100
Tabla 10-4: Situación de pobreza por NBI en la provincia de Chimborazo.....	101
Tabla 11-4: Transporte en la provincia de Chimborazo	102
Tabla 12-4: Pendientes del cantón Guamote	103
Tabla 13-4: Matriz de identificación de actividades desarrolladas en el cantón Guamote.....	108
Tabla 14-4: Matriz de Leopold del cantón Guamote	110
Tabla 15-4: Resultado análisis físico – químico de muestras de suelo	112
Tabla 16-4: Resultado análisis de macronutrientes y micronutrientes de muestras de suelo ...	115
Tabla 17-4: Resultado análisis de metales pesados y aniones de muestras de suelo	119
Tabla 18-4: Resultado del análisis de macronutrientes de muestras de biomasa	120
Tabla 19-4: Resultado del análisis de metales pesados de muestras de biomasa	123
Tabla 20-4: Resultado de factores de bioconcentración, biotransferencia y bioacumulación ..	124

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: 1 Penacho de gases, 2 fumarolas, 3	15
Ilustración 2-2: Representación del origen de las cenizas.....	16
Ilustración 3-2: Clasificación del suelo según su funcionalidad	20
Ilustración 4-2: Cobertura vegetal natural en el cantón Guamote	25
Ilustración 5-2: Tipos de muestreo de suelo	30
Ilustración 6-2: Muestras compuestas de suelo.....	31
Ilustración 1-3: Ubicación geográfica del proyecto	35
Ilustración 2-3: Muestreo de suelos y biomasa de las comunidades identificadas	39
Ilustración 3-3: Secado de muestras de suelo	41
Ilustración 4-3: Triturado de muestras vegetales	41
Ilustración 5-3: Determinación de pH de muestras de suelo y biomasa.....	43
Ilustración 6-3: Determinación de CE de muestras de suelo.....	44
Ilustración 7-3: Determinación de materia orgánica	45
Ilustración 8-3: Determinación de densidad aparente de	48
Ilustración 9-3: Determinación de textura de muestras de suelo.....	50
Ilustración 10-3: Determinación de carbono orgánico	52
Ilustración 11-3: Digestión ácida de muestras de suelo y biomasa	59
Ilustración 12-3: Extracción de micronutrientes asimilables	61
Ilustración 13-3: Extracción de Macronutrientes Asimilables	62
Ilustración 1-4: Número de integrantes de las familias del cantón Guamote	63
Ilustración 2-4: ¿Qué producto produce en los suelos en el cantón Guamote?	64
Ilustración 3-4: Número de hectáreas destinadas para el cultivo en el cantón Guamote	65
Ilustración 4-4: El tipo de cultivo en el cantón Guamote.....	65
Ilustración 5-4: Cuántos quintales produce en una cosecha de los suelos de Guamote.....	66
Ilustración 6-4: Dinero obtenido por las cosechas en el cantón Guamote.....	67
Ilustración 7-4: Uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos del cantón Guamote	68
Ilustración 8-4: Tipo de plaguicida usado con más frecuencia en cultivos de Guamote	69
Ilustración 9-4: Sellos de plaguicidas usados por los agricultores del cantón Guamote.....	70
Ilustración 10-4: Asesoramiento técnico a los agricultores del cantón Guamote	71
Ilustración 11-4: Fertilizante utilizado en los cultivos del cantón Guamote	72
Ilustración 12-4: Frecuencia con la que fertilizan los cultivos del cantón Guamote	73
Ilustración 13-4: Tiempo que se mantiene almacenado los fertilizantes o abonos	74

Ilustración 14-4: Tipo de pesticida utilizado en los cultivos de Guamote.....	75
Ilustración 15-4: Intervalo de fumigación en los cultivos de Guamote.....	75
Ilustración 16-4: Tiempo que mantienen almacenado los pesticidas en el cantón Guamote.....	76
Ilustración 17-4: Residuos generados en el cantón Guamote.....	77
Ilustración 18-4: Destino de residuos después de cosecha en el cantón Guamote.....	78
Ilustración 19-4: Productos en mal estado no pueden salir a la venta en el cantón Guamote....	79
Ilustración 20-4: Destino de productos no vendidos en el cantón Guamote.....	80
Ilustración 21-4: Uso del agua de riego en los cultivos de Guamote.....	81
Ilustración 22-4: Origen del agua de riego en el cantón Guamote.....	81
Ilustración 23-4: Uso de sistemas de riego en los cultivos del cantón Guamote.....	82
Ilustración 24-4: Período de riego en los cultivos del cantón Guamote.....	82
Ilustración 25-4: Base cartográfica del cantón Guamote.....	83
Ilustración 26-4: Suelos del cantón Guamote.....	85
Ilustración 27-4: Uso actual del suelo del cantón Guamote.....	86
Ilustración 28-4: Subcuencas del cantón Guamote.....	88
Ilustración 29-4: Calidad del agua de los ríos del cantón Guamote.....	89
Ilustración 30-4: Zonas climáticas del cantón Guamote.....	93
Ilustración 31-4: Zonas de vida del cantón Guamote.....	96
Ilustración 32-4: Densidad poblacional del cantón Guamote.....	98
Ilustración 33-4: Nivel de instrucción por parroquias del cantón Guamote.....	99
Ilustración 34-4: Población en situación de pobreza por necesidad.....	102
Ilustración 35-4: Pendientes del cantón Guamote.....	103
Ilustración 36-4: Área de influencia directa del cantón Guamote.....	104
Ilustración 37-4: Área de influencia directa.....	105
Ilustración 38-4: Área de influencia indirecta.....	106
Ilustración 39-4: Resultado de análisis de sodio de muestras de biomasa.....	121
Ilustración 40-4: Resultado de análisis de potasio de muestras de biomasa.....	122
Ilustración 41-4: Resultado de análisis de fósforo de muestras de biomasa.....	122

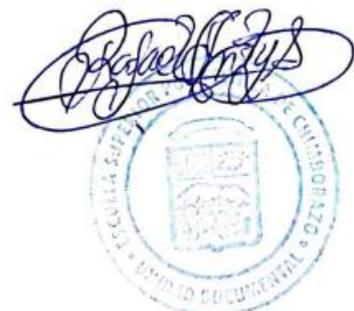
ÍNDICES DE ABREVIATURA

pH	Potencial hidrógeno
CE	Conectividad eléctrica
DR	Densidad real
N	Nitrógeno
C	Carbono
C/N	Relación carbón nitrógeno
P	Fósforo
Na	Sodio
K	Potasio
Mn	Manganeso
Cu	Cobre
Zn	Zinc
CC	Muestra de suelo Cebadas Cabecera
I	Muestra de suelo Ichubamba
PC	Muestra de suelo Pull Chico
PD	Muestra de suelo Palmira Dávalos
PQ	Muestra de suelo Pull Quishuar
SJS	Muestra de suelo San José de Sabalog
SPA	Muestra de suelo San Pedro de Ayacón
As	Arsénico
Se	Selenio
Cl⁻	Anión cloro
PO₄⁻²	Anión fosfato
TA	Muestra parte aérea
FR	Muestra de producto
R	Muestra parte raíz
BCF	Factores de bioacumulación
BA	Factor de bioacumulación
TF	Factores de translocación
ppm	Concentración partes por millón

RESUMEN

Actualmente, las erupciones volcánicas del volcán Sangay han representado un problema considerable sobre la matriz productiva de los comuneros del cantón Guamote, ocasionando no solo problemas de abastecimiento sino también de salud. La siguiente investigación se enfoca en evaluar el estado de la matriz de las comunidades más afectadas desde la última erupción, mediante técnicas de caracterización y análisis físico - químicos, permitiendo así conocer el impacto ocasionado a cada una de ellas, como pérdida de nutrientes, contaminación por altas concentraciones de metales pesados, etc. Se consideraron un total de 25 comunidades del cantón Guamote, distribuidas entre las parroquias Cebadas, Palmira y la Matriz. Se aplicaron un total de 200 encuestas dirigidas a los comuneros de cada una de ellas, con los cuestionarios se determinó que las comunidades más afectadas por la caída de la ceniza del volcán Sangay fueron: Cebadas Cabecera, Ichubamba, Palmira Dávalos, Pull Chico, Pull Quishuar, San José de Sabalog, San Pedro de Ayacón. De las cuales se tomaron un total de 3 muestras (1 de suelo y 2 de biomasa vegetal) por cada una de ellas para su posterior análisis. Se obtuvieron un total de 21 muestras (7 suelo y 14 de biomasa vegetal), donde las muestras fueron previamente secadas, molidas, tamizadas y empacadas en fundas herméticas para sus caracterizaciones. Se desarrollaron análisis físicos y químicos para los dos tipos de muestra, en análisis físico se determinó pH, conductividad eléctrica, densidad real, densidad aparente, textura, y materia orgánica. Mientras que para los análisis químicos se desarrollaron digestiones ácidas, extracciones acetato - acuosa, titulación Walkley Black, método Kjeldahl y combustiones. Como resultado se estima un impacto ambiental moderado, evaluado en matriz Leopold.

Palabras clave: <CENIZA>, <MATRIZ PRODUCTIVA>, <COMUNIDADES>, <ANÁLISIS FÍSICO>, <ANÁLISIS QUÍMICO>.



1089-DBRA-UPT-2023

ABSTRACT

Currently, the volcanic eruptions of the Sangay volcano have represented a considerable problem for the productive matrix of the community members of the Guamote canton, causing not only supply problems but also health problems. The objective of this study was to evaluate the state of the matrix of the most affected communities since the last eruption through characterization techniques and physical-chemical analysis, thus allowing us to know the impact caused to each one of them, such as loss of nutrients, contamination by high concentrations of heavy metals. A total of 25 communities of the Guamote canton were considered and distributed among the Cebadas, Palmira and La Matriz parishes. A total of 200 surveys were applied to the community members of each one of them; with the questionnaires, it was determined that the communities most affected by the fall of the ash from the Sangay volcano were: Cebadas Cabecera, Ichubamba, Palmira Dávalos, Pull Chico, Pull Quishuar, San José de Sabalog, San Pedro de Ayacon. A total of 3 samples (1 soil and two plant biomass) were taken from these communities for subsequent analysis. Twenty-one samples (7 soil and 14 plant biomass) were obtained, where the samples were dried, ground, sieved and packed in hermetic bags for their characterizations. Physical and chemical analyses were developed for the two types of samples; in physical analysis, pH, electrical conductivity, natural density, apparent density, texture, and organic matter were determined. While for chemical analysis, acid digestions, acetate-aqueous extractions, Walkley Black titration, the Kjeldahl method and combustions were developed. As a result, a moderate environmental impact is estimated and evaluated in the Leopold matrix.

Keywords: <ASH>, <PRODUCTIVE MATRIX>, <COMMUNITIES>, <PHYSICAL ANALYSIS>, <CHEMICAL ANALYSIS>.



Ing. Paul Obregón.
Mgs0601927122

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años las erupciones volcánicas han ocasionado graves problemas, no solo en la población sino también en la misma naturaleza, los volcanes son fuente de contaminación natural que dependiendo de su actividad producen estragos en sus inmediaciones, no solo los gases emitidos pueden ser peligrosos sino también los lahares y flujos piroclásticos que producen.

La mayor parte de la economía de nuestro país dependen de la agricultura y ganadería, ambos, dependientes de la calidad de suelo y agua que tengan a su disposición, por ello, cuando se altera la calidad de éstos repercute en problemas no solo para ellos sino también para los consumidores de sus productos.

El Dr. Dante Pinochet menciona que la ceniza volcánica puede traer beneficios al suelo, sin embargo, también menciona que en caso de existir elevada cantidad puede tardar años en restaurarse “Pero en el caso de que nos fuera positivo, el suelo naturalmente se va a recuperar, pero eso va a tomar muchos años y si es pura ceniza tomará mucho tiempo para llegar a ser un suelo agrícola” (Segovia, 2018).

En áreas volcánicas, los materiales piroclásticos y las cenizas volcánicas forman suelos que presentan propiedades físicas, químicas y mineralógicas únicas que son utilizados como fuentes de almacenamiento y circulación para diversos contaminantes, como los metales pesados. Los metales pesados son característicos porque en muy bajas concentraciones provocan toxicidad, ya que estos se asocian con una alta afinidad por los tejidos de un organismo vivo, debido a que no se ven afectados por la degradación metabólica. Los metales como el arsénico (As), cadmio (Cd), plomo y otros metales (Pb), mercurio (Hg), selenio (Se), níquel (Ni), cobalto (Co) y cobre (Cu) son relativamente tóxicos para las plantas y animales superiores debido a su alta movilidad y capacidad de acumular.

Cuando estos elementos se incluyen en el suelo y llegan a superar un determinado umbral de concentración, tienen a ocasionar una contaminación en los cultivos los mismo que no son seguros como alimento para personas y animales. La presencia de metales pesados en los alimentos, especialmente en los productos de origen lácteos están asociados con la contaminación del suelo y en su forraje, ya que principalmente los metales pesados se almacenan en las partículas del suelo y luego son absorbidos por las raíces, siendo estos transportados y acumulados en partes aéreas de la planta y finalmente ser biotransformados por los diferentes animales presentes de la zona durante su actividad de pastoreo.

Este proyecto de investigación tiene como objetivo evaluar el estado actual de la matriz productiva de las comunidades más afectas por la caída de ceniza del volcán Sangay. Esta información beneficiará no solo a las autoridades pertinentes sino también a los mismos comuneros, al conocer que sus terrenos poseen altas concentraciones de metales pesados pueden reconsiderar ejecutar una técnica de remediación accesible a sus recursos, como compostaje.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

Las erupciones volcánicas han representado un problema serio para la población, afectando no solo su calidad de vida sino también la de otras especies, tanto vegetales como animales, el CO² concentrado en la ceniza provoca que los productos agrícolas perezcan, así como también causen problemas en el metabolismo de los consumidores de éstos. La Dra. Ma. Aurora Armienta Hernández menciona en su investigación: “En el caso del Popocatepetl las concentraciones de fluoruro en las cenizas pueden alcanzar niveles riesgosos para la salud de los seres humanos y animales (principalmente ganado vacuno), así como para algunas especies vegetales de la zona” (Hernández M. A., 2016), indicando que cuando las cenizas también comprenden altas concentraciones de fluoruros tienden a ser aún más peligrosas, es por ello que recomienda realizar análisis físicos – químicos de los suelos cultivables para evitar cualquier repercusión de la misma.

El mal manejo de la producción de biomasa, evaluación de sustratos, siembra, riego y cosecha en fermentación sólida afecta directamente la rentabilidad, producción y costo de propagación de micelio, lo que genera insatisfacción a sus productores.

1.1.1. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las parroquias del cantón Guamote más afectadas por la caída de ceniza, su índice de impacto y las comunidades que más productos agrícolas – ganadero perdieron?

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto ambiental sobre la matriz productiva del cantón Guamote producida por la caída de ceniza del volcán Sangay.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar la revisión ambiental de la zona de estudio.
- Examinar la caracterización físico - química de los suelos y la vegetación de cada una de las comunidades seleccionadas.
- Determinar la contaminación por metales pesados que ha provocado la caída de ceniza sobre los suelos y biomasa de la zona

1.3. Hipótesis

La concentración de metales pesados proveniente de la caída de ceniza del volcán Sangay se encontrará por debajo de los límites permisibles establecidos por la normativa ambiental vigente por lo tanto el impacto sobre la matriz productiva será bajo y se podría requerir intervención con técnicas de remediación de suelos en unas futuras emisiones.

1.4. Justificación

El Cantón Guamote pertenece a la provincia de Chimborazo con una extensión de 1,216 km², posee 3 parroquias, de las cuales 2 son rurales y 1 es urbana, su fuente directa de ingresos es la agricultura y la ganadería, así como también pequeñas haciendas distribuidoras de productos lácteos, de tal forma que la caída de ceniza les provoca un impacto directo no solo con su economía sino también en su calidad de vida, ya que también se sustentan de ellos.

La evaluación de impacto ambiental de la matriz suelo - biomasa del cantón Guamote no solo beneficiará a la investigación sino también a los comuneros de las parroquias rurales y urbanas, dado que les permite conocer si el estado de sus cultivos y de los productos de su ganado son adecuados para su consumo directo. En el proyecto de Sofía Buri menciona que: “La evaluación de impacto ambiental se utiliza en las etapas de análisis, con la finalidad de enfocar los impactos significativos, así como también en la identificación de requisitos que deben cumplir con la finalidad de alcanzar la sustentabilidad ambiental” (K., 2020), indicando que ésta proporciona información necesaria para realizar los análisis físico – químicos en base a la intensidad del impacto.

El presente proyecto proporcionará información confiable del estado productivo del cantón Guamote, ya que debido a la actividad del volcán Sangay varias comunidades han sido afectadas, provocando la muerte de ganado y la pérdida de muchas cosechas, de tal forma que conociendo el estado actual de la matriz suelo - biomasa es posible proponer una solución al problema, buscando las comunidades más afectadas en base a los resultados a conseguir.

Estos resultados podrán ser utilizados como línea base para las entidades pertinentes, así como también para futuros proyectos de investigación, además permitirá a los comuneros conocer el estado actual de sus terrenos y de sus productos, tanto lácteos como agrícolas.

El proyecto está vinculado con el Grupo Asociado de Investigación en Biotecnología, Ambiente y Química (GAIBAQ) quienes nos proporcionarán insumos, equipos y material necesario para el desarrollo de los análisis físicos – químicos de las muestras a considerarse.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. *El volcán Sangay*

El volcán Sangay es el último volcán al sur del Ecuador, ubicado en la cordillera Real, en la provincia de Morona Santiago a 30 kilómetros de Macas (IGE, 2020).

Comprende una elevación de gran comprensión geológica, debido a su actividad volcánica continua con presencia de fumarolas, erupciones y flujos de lava ardiente. Durante la noche ofrece despliegues naturales similares a los juegos pirotécnicos los cuales son visibles incluso desde el Puyo.

Posee una conificación simétrica y flancos de pendiente fuerte le dan un aspecto que, con toda seguridad, también le hace estar entre los más populares. Se consiguen grandiosos cuadros desde el oriente y, en las noches su actividad volcánica. Están registradas caídas de rocas, flujos piroclásticos, emisión de lavas, columnas de cenizas y gases. La actividad sísmica es frecuente (IGE, 2020).

En el último periodo eruptivo que habría empezado en 1628, se conoce que el volcán emitió una gran columna de ceniza que se dirigió hacia el noroccidente hasta 50 km de distancia, afectando a la ciudad de Riobamba con una caída de tefra (Lewis, 1950 en Monzier et al., 1999).

La actividad del Sangay es poco conocida porque no afecta sitios habitados a diferencia del volcán Tungurahua. Sin embargo, se conoce por exploraciones de investigadores, andinistas y sobrevuelos que realiza el Instituto Geofísico con fines de monitoreo, que en el volcán es común la generación de flujos piroclásticos, flujos de lava y lahares (IGE, 2020).

2.1.2. *Cantón Guamate*

Guamate formó parte de la villa de Riobamba, como parroquia eclesiástica en 1.613 y parroquia civil en 1.643. Constituida la Gran Colombia, en 1824, el departamento del Ecuador se constituyó con las provincias de Imbabura, Pichincha y Chimborazo, esta última con los cantones; Riobamba, Ambato, Guano, Guaranda, Alausí y Macas: de acuerdo con este decreto, Guamate

formo parte del cantón Riobamba. En 1.884 pasa a formar parte del nuevo cantón Colta, creado el 27 de febrero de 1884.

El territorio que hoy corresponde al cantón Guamote estuvo habitado desde tiempos remotos por cacicazgos como los Guamutis, Atapos, Basanes Pulles, Tipines, Vishudes, entre otros (USER, 2019).

Todos constituían parcialidades del reino de los Puruhaes, pueblo luchador dedicado a la cría de ganado, pastoreo y producción de lana. Antes de la llegada de los españoles estos grupos étnicos fueron invadidos primero por el imperio Inca, por la rebeldía de su gente se opusieron a esta invasión y a lo largo de la Colonia y la República, contra los españoles y los terratenientes denominándola en este periodo el Corazón de la Rebeldía Puruhá, por lo que la historia cuenta diversos levantamientos indígenas de entre los que se destaca los de Guamote y Columbe (1803) en contra de la cobranza de tributos, liderados por Lorenza Avimañay, Julián Quito y Francisco Sigla.

En la vida republicana participaron en la Revolución Liberal, cuando el general Eloy Alfaro tuvo el apoyo de más de 10.000 indígenas en su avance a hacia Quito. Dentro de la lucha por la tierra y en contra de los maltratos y abusos de los terratenientes, destaca la batalla de Chuquirá (1.935) cuyo dirigente Principal fue el coronel Ambrosio Lasso como respuesta a los continuos maltratos verbales, físicos y violaciones a las mujeres solteras y casadas realizadas por los hacendados. Más adelante en la lucha contra la dictadura militar (1963) destacándose un dirigente mestizo guamoteño: Rafael Brito Mendoza.

En el año de 1.944 Guamote cristaliza su cantonización que desde hace mucho tiempo atrás se venía gestionando, para lo cual se conformó una directiva. Con esta ayuda la delegación, había conseguido el decreto de cantonización de Guamote, con fecha primero de agosto de 1.944.

El presidente de la Republica Dr. José María Velasco Ibarra, mediante el decreto No 606, Art. 1., establece: "Constituyese en la Provincia de Chimborazo un nuevo cantón con el Nombre de Guamote, que comprenderá las parroquias de Guamote y Cebadas, esta última perteneciente al cantón Riobamba y de las parroquias que el nuevo cantón crease".

En la actualidad el cantón Guamote está integrado por tres parroquias: La Matriz que lleva su mismo nombre y dos parroquias rurales Cebadas y Palmira (USER, 2019).

2.1.3. Sistema de riego en el páramo

El riego en las montañas del Ecuador es una práctica muy antigua. Ya en los tiempos precolombinos, la cultura Cañari, y otras fueron muy activas en la construcción de grandes esquemas de riego. Los Incas mejoraron estas infraestructuras aplicando el conocimiento de otras culturas conquistadas en lo que hoy es Perú y Bolivia. Durante el tiempo de la colonización española, los sistemas de riego fueron construidos y manejados en una forma privada por los propietarios de grandes haciendas.

Desde 1950 en adelante, y especialmente durante los 70's, muchos proyectos de riego fueron construidos por el gobierno, consolidados por el boom de la explotación y exportación petrolera. Actualmente en el Ecuador, cerca de 50000 ha de tierra son regadas, representando el 30 % del total del área agrícola.

El clima en la sierra tiene una alta variabilidad temporal y espacial. Debajo de los 3000 m de altitud, la mayor limitante meteorológico para la producción de cultivos es la lluvia., mientras que la temperatura es suficientemente alta todo el año. Un patrón típico de clima, en la cual se da la variación de la evapotranspiración de referencia y la precipitación en la estación meteorológica de Cañar. Como resultado, los requerimientos de riego son bastante erráticos. En un año húmedo, considerando una lluvia con un 20 % de probabilidad de ocurrencia, el riego solamente es necesario desde junio a enero, mientras que, durante un año seco, considerando una lluvia con una probabilidad de ocurrencia del 80 %, el riego es necesario a lo largo de todo el año. En un año seco, la agricultura de secano, la cual se asume que es posible cuando la precipitación es más alta que la mitad de la evapotranspiración de referencia no es posible.

En general, se puede decir que la lluvia contribuye significativamente a los requerimientos de agua de los cultivos a lo largo del año y que el riego es complementario (W. Buytaert, 2017).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. El páramo andino

2.2.1.1. Importancia del páramo

El páramo tiene gran diversidad de suelos, especies vegetales y animales, donde cada una de ellas tienen una considerable importancia en la riqueza de los Andes, así mismo, es un sector

estratégico donde se toman consideraciones de referencias de altitud y latitud, gracias a sus elevadas colinas y montañas, toda el agua de las precipitaciones llega a las zonas bajas gracias a la escorrentía. También aportan protección de las corrientes de aire, estas cordilleras no permiten que se den fenómenos naturales de combinaciones de aire frío y cálido, también denominados huracanes, fenómenos que solo ocurren cuando estos dos tipos de corrientes se chocan entre sí.

2.2.1.2. Materia parental

El páramo andino está conformado por rocas volcánicas que en años previos han sido expulsadas hacia la superficie mediante las erupciones, se dice que estas rocas han dado origen a la formación de la cordillera de los Andes, los flujos piroclásticos y las constantes caídas de material volcánico también dan origen a la formación de nuevas capas de suelo, las cuales, con el pasar de los años forman nuevos suelos que se les conoce como vertisoles.

Las diferencias entre los suelos que provienen de zonas de volcanismo antiguo y las de volcanismo activo (cenizas recientes), son notorias y se manifiestan en muchas de sus características. Por ejemplo, la textura del suelo en zonas de volcanismo activo aparece más áspera al tacto que la textura del suelo de volcanismo antiguo. Existen regiones en la cordillera en donde las rocas son de origen metamórfico, lo que también contribuye a que existan suelos con diferentes características (Luis Daniel Llambí, 2012).

2.2.1.3. Clima

Las características morfológicas de estos suelos dependen directamente de la meteorización o de factores de desertificación, entre otros. La velocidad de formación de un suelo depende de las lluvias que se produzcan (En los páramos las lluvias van desde los 500 a 3000 mm/año), la temperatura (que fluctúa entre 15 a 20°C en el día), la radiación solar y los vientos de las corrientes de aire. Gracias a estos componentes la formación del suelo se produce de manera rezagada.

La precipitación es moderada, variando desde los 700 mm hasta los 3000 m. Contrariamente a la temperatura, sin embargo, la lluvia es extremadamente variable en espacio y tiempo. Generalmente, las intensidades de precipitación son bajas (como lloviznas). La variabilidad de la lluvia a pequeña escala está principalmente determinada por variaciones en la velocidad y dirección del viento, el cual está determinado por las pendientes fuertes y la topografía accidentada.

A gran escala, la precipitación está determinada por un efecto altitudinal y un efecto latitudinal. El gradiente altitudinal en la precipitación difiere de una latitud a otra, y en cada cadena montañosa Andina. En el caso de las laderas al lado este de los Andes que descienden hacia la cuenca del Amazonas, la precipitación más alta podría encontrarse entre 400 y 800 m, debido al efecto orográfico, gradualmente disminuyendo con el incremento altitudinal. Las laderas orientadas al oeste podrían más bien mostrar un pico en la precipitación entre los 2000 y 2500 m o aún más alto.

Las laderas internas de los Andes están altamente influenciadas por efectos de sombra de lluvia, para las lluvias que llegan tanto desde la cuenca del Amazonas como de la costa del Pacífico. El efecto latitudinal es más fuerte en la cordillera occidental que en la cordillera oriental. Esto es debido a la gran variación en el clima de la costa del Pacífico comparada con la cuenca del Amazonas, las cuales influyen ambas en el clima adyacente del páramo. En Colombia y al norte del Ecuador, las planicies costeras tienen un clima húmedo tropical, influenciado por la corriente del Niño. Las planicies costeras del sur del Ecuador, tanto como el norte del Perú están influenciados por la corriente fría de Humboldt, resultando en un ambiente árido desértico (W. Buytaert, 2017).

2.2.1.4. Vegetación

Junto con el clima, la vegetación constituye uno de los factores formadores más activos en el páramo. Dentro del grupo de los organismos vivos, los líquenes son de los primeros en colonizar ambientes rocosos y "crear" sustrato que eventualmente será aprovechado por plantas cuyas raíces, al desarrollarse entre las rocas, contribuyen a su ruptura y desintegración. Los animales excavadores (lombrices, insectos) mezclan y trituran el material del suelo y los microorganismos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica, aunque debido a las condiciones severas del clima en este ecosistema, su acción es muy lenta.

Existe una relación importante entre el tipo de suelo (sus características) y la vegetación, debido a que la principal fuente de materia orgánica en estos suelos es la que proviene de las plantas y sus raíces. Al morir, estas aportan al suelo materia orgánica que se descompone lentamente, debido a las bajas temperaturas y elevada humedad. En zonas pantanosas (turberas) la acumulación de materia orgánica es tan alta que en el suelo no se puede distinguir la parte mineral y en el material que lo forma aún son reconocibles los tejidos de las plantas (Luis Daniel Llambí, 2012).

Por lo tanto, la vegetación puede ser un buen indicador del tipo de suelo. Por ejemplo, pequeñas especies como almohadillas y musgos sugieren que el suelo que se encuentra por debajo será muy húmedo, tendrá altos contenidos de materia orgánica y si está en partes planas, probablemente su profundidad será significativa (suelos de pantano o turberas).

El suelo bajo pajonal generalmente es de un color muy oscuro, casi no se puede diferenciar la parte orgánica de la mineral, su porosidad es alta y son muy frecuentes en las zonas de pendientes. Muchas de las propiedades físicas están influenciadas por las raíces de la paja y por su aporte de materia orgánica (W. Buytaert, 2017).

2.2.1.5. Relieve

Existen diferencias marcadas entre las propiedades de los suelos ubicados en zonas planas y depresiones y los que se han desarrollado en pendientes. En las partes planas y mucho más en las depresiones, el agua puede acumularse más fácilmente, lo que permite que el suelo posea una mayor humedad, favoreciendo la presencia de plantas como musgos y almohadillas, las cuales, al morir, contribuyen a aumentar el contenido de materia orgánica.

Además, la humedad elevada retarda el proceso de descomposición de la materia orgánica porque hay menos aire en el suelo, sobre todo cuando este permanece casi saturado. Mientras menor es la pendiente, mayor es la profundidad del suelo y el contenido de humedad. Las condiciones de humedad elevada que se encuentran en las depresiones y zonas planas favorecen la existencia de pantanos, mientras que, donde la pendiente es pronunciada, el suelo no logra alcanzar espesores significativos, por lo que estos suelos serán menos desarrollados (Luis Daniel Llambí, 2012).

2.2.1.6. Suelo del páramo

Los Andes están subdivididos en dos ramales separados por una depresión tectónica: la Cordillera Occidental y la Cordillera Central. Un tercer ramal, la Cordillera Oriental, alcanza su máximo desarrollo en Colombia. La orogénesis tuvo lugar durante el Mioceno, Plioceno y Pleistoceno, cuando las cordilleras fueron elevadas a más de 3000 m.

Después del levantamiento, la topografía del páramo fue dada forma por la actividad glacial, cuyos remanentes aún son abundantemente visibles en la estructura de muchos valles del páramo. Como resultado, la topografía del páramo es accidentada, yendo desde valles profundos y empinados hasta llanuras casi planas. A pesar de la compleja geología y topografía, los suelos del

páramo son bastante homogéneos.

El tipo de suelo y las propiedades son principalmente determinadas por dos factores: (1) el clima, y (2) la existencia de una capa homogénea de cenizas de erupciones volcánicas del cuaternario. El clima frío y húmedo, y la baja presión atmosférica favorecen la acumulación de la materia orgánica en el suelo. Esta acumulación es además reforzada por la formación de complejos organometálicos fuertemente resistentes a la destrucción microbiana. Al y Fe para estos complejos es 5 suplido por la destrucción de la ceniza volcánica y de la roca.

Los suelos resultantes son oscuros y húmicos y tienen una estructura porosa y abierta. Los suelos son generalmente clasificados como Andosoles en la “World Reference Base for Soil Resources” o Andisoles en la Soil Taxonomy. En áreas más saturadas por agua o en zonas con menor influencia volcánica, se desarrollan Histosoles. En zonas más empinadas o donde hay afloramientos de roca, son más los Regosoles (W. Buytaert, 2017).

Tabla 1-2: Rango de valores de propiedades hidrofísicas del suelo en los horizontes superficiales (H y/o A) en suelos de páramo

Localización	Altitud (m alt.)	Precipitación mm año ⁻¹	Densidad aparente mg m ⁻³	C orgánico kg m ⁻³	-33kPa g g ⁻¹	- 1500kPa g g ⁻¹
Rio Paute Basin	3600	800	0.23	0.14	-	0.29
Machángara	3700	1100	0.13	0.18	-	1.31
Chimborazo	3500	1860	0.11	0.07	0.7	-
Azogues	3250	1270	0.42	0.04	-	1.30
Pichincha	4000	1500	0.70	0.03	-	0.27
El Ángel	3600	1150	0.40	0.09	-	0.59
Cotacachi	3400	1500	-	0.04	-	-

Fuente: (Hernández, 2016).

El carbón orgánico típicamente está alrededor de 0.1 g. En sitios húmedos (>900 mm⁻¹ año), contenidos de C orgánico por encima de 0.4 g no son nada raros. Sitios con depósitos de ceniza más frecuentes están caracterizados por suelos más jóvenes con contenidos de carbono de cerca de 0.04 a 0.1 g. En regiones más secas, la acumulación de materia orgánica es más lenta, y se encuentran contenidos similares de carbono, 0.07 g en el páramo de Chimborazo (≤600 mm⁻¹ año) es común encontrar una correlación negativa entre la altitud y el contenido de carbón orgánico.

La densidad aparente seca está fuertemente correlacionada con el contenido de carbón orgánico, y sigue una tendencia similar. Puede tener valores tan bajos como 150 Kg m^{-3} en condiciones húmedas y suelos meteorizados hasta cerca de 900 Kg m^{-3} en suelos más jóvenes en regiones secas. Como un resultado de la baja densidad aparente y de la estructura abierta y porosa, los suelos del páramo tienen una conductividad hidráulica alta y una capacidad de retención de agua muy alta. Cuando están saturados, los contenidos de agua pueden exceder 0.95 g cm^{-3} , disminuyendo hasta cerca de 0.3 g cm^{-3} a -1500 kPa , lo cual aún es más alto que 1 g en muchos suelos (Tabla 1). Esta retención de agua extremadamente alta de los Andosoles ha sido descrita por varios autores; y es mayormente atribuida a la presencia de minerales amorfos de arcilla tales como alófana e imogolita.

Sin embargo, en muchos suelos del páramo, en particular en suelos altamente meteorizados en regiones húmedas, estos minerales de rango corto están ausentes, ya que el Al y Fe que son liberados por la destrucción de la ceniza volcánica están completamente ligados a la materia orgánica. Aquí, la acumulación del carbón orgánica causa un comportamiento similar. En particular, el contenido de agua a -1500 kPa y por consiguiente la cantidad de microporos, están altamente afectados por la cantidad de carbón orgánico. Como resultado, los coloides orgánicos son muy importantes en el desarrollo de la microporosidad. El aumento en volumen de microporos ($>2\mu\text{m}$) debido al carbón orgánico alcanza rangos desde 4.1 ml g^{-1} a 7.5 ml g^{-1} .

2.2.2. Erupciones volcánicas

2.2.2.1. Actividad volcánica

La erupción es el resultado de la llegada del magma a la superficie del planeta. El magma puede llegar directamente desde la zona de generación, situada a $70\text{-}100 \text{ Km}$. de profundidad, ascendiendo por fracturas abiertas durante fases distendidas de la corteza. Otras veces lo hace después de haber reposado en cámaras magmáticas, interviniendo en el inicio de la erupción diferentes procesos de desgasificación, mezclas de magmas y de la actividad tectónica.

La actividad volcánica se clasifica en función del grado de explosividad y está controlada por la cantidad de gas presente en el magma; a medida que aumenta es mayor la explosividad resultante. El magma contiene gases disueltos con una proporción en peso que puede llegar al 5%; en algunos casos puede incorporar agua procedente del mar o de acuíferos, que se traduce en un incremento del gas disponible.

La clasificación tradicional de la actividad volcánica y los mecanismos que provocan la erupción están actualmente en proceso de revisión, después de los estudios realizados en las últimas erupciones. Sin embargo, es conveniente establecer un criterio que nos permita diferenciar, de forma muy general, unas erupciones de otras. En este sentido se ha establecido el Índice de Explosividad Volcánica (VEI) en función del volumen de material emitido y la altura alcanzada por la columna explosiva (M. de los Ángeles Llinares, 2015).

Tabla 2-2: Índice de explosividad volcánica

VEI	Volumen (Km ³)	Altura Columna (Km)	Descripción	Tipo	Fase Explosiva (Horas)	Inyección	
						Troposfera	Estratosfera
0	fumarolas	0.1	No explosiva	Hawaiana	<1	Mínima	No
1	<0.00001	0.1 – 1	Pequeña	Stromboliana	1 - 6		
2	<0.0001	1 - 5	Moderada			Media	
3	<0.001	3 - 15	Media	Vulcaniana			
4	<0.01		Grande		6 - 12	Posible	
5	<0.1	10 - 25	Muy Grande	Siempre			
6	<1		>25			Severa	UltraPliniana
7	<10						
8	<100	Violenta					
9	>100		Terrible				

Fuente: (Chejín, 2021).

2.2.2.2. Emisión de gases

Los gases, contenidos en el magma, se emiten a elevada temperatura y ascienden en forma de una columna convectiva, hasta llegar a la altura en la que columna y atmósfera tienen la misma temperatura, cesando entonces el ascenso. Esta columna tiene capacidad para arrastrar gran cantidad de piroclastos y materiales sólidos arrancados del conducto. Como ya se ha indicado anteriormente el gas es el causante del mayor o menor grado de explosividad de la erupción.

Además de la salida violenta por el cráter durante la erupción, el gas puede escapar por pequeñas fracturas del edificio volcánico y zonas próximas, dando lugar a fumarolas. También puede salir disuelto en el agua de los acuíferos existentes en el área, originando aguas termales y medicinales. Finalmente, algunos gases como el dióxido de carbono (CO²) pueden escapar por difusión a través del suelo, incluso en áreas muy alejadas del volcán (W. Buytaert, 2017).

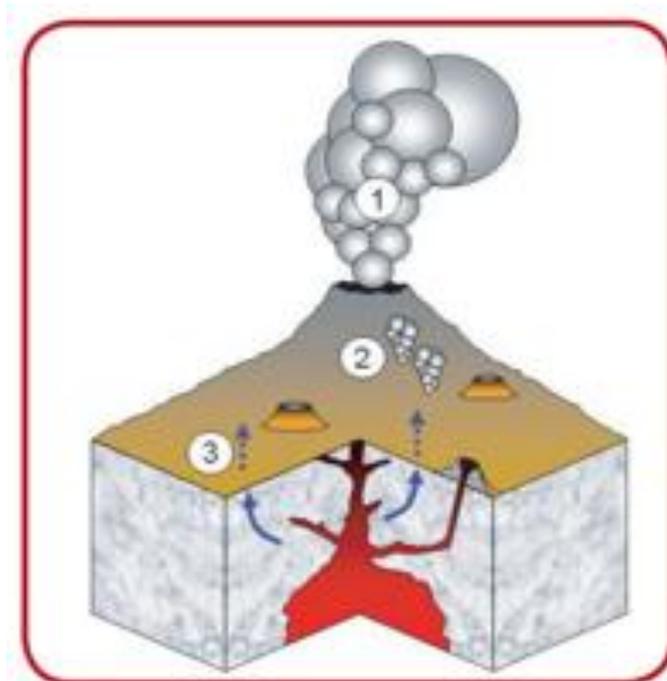


Ilustración 1-2: 1 Penacho de gases, 2 fumarolas, 3 difusión de gases

Fuente: (Chejín, 2021).

Las erupciones liberan del magma gases disueltos que a veces son tóxicos y peligrosos para la vida, la salud y las cosechas. Los gases provenientes del azufre son fácilmente perceptibles. Estos gases se acumulan por los valles o depresiones cercanas al cráter, pudiendo ocasionar la muerte a las personas y/o animales por asfixia.

2.2.2.3. Ceniza volcánica

Las partículas de cenizas y polvo se producen a partir de los magmas cargados de gases durante una erupción explosiva, y son fragmentos muy pequeños de magma enfriado rápidamente (vidrio volcánico). Se forman a medida que el magma asciende por la chimenea, donde los gases se expanden rápidamente por la disminución de la presión, generando una espuma en el fundido que recuerda a la espuma que sale de una botella de agua con gas, gaseosa o champagne al abrir, salvo que en los volcanes la presión (y temperatura) es mayor.

Conforme las burbujas de gases se ensuelven del fundido (figura 2a), se expanden y prácticamente se tocan entre sí (figura 2b). De esta manera, entre las burbujas quedan paredes o tabiques finos del fundido, que se enfría rápidamente dando lugar a vidrios (Figura 2c). Con la presión se fragmentan estos tabiques, dando lugar a partículas finas de vidrio, muy puntiagudas, denominados cenizas volcánicas, las que son expulsadas a gran velocidad por el cráter. A veces

son arrojadas hacia arriba porciones de magma que no se fragmentó y que contienen gran cantidad de burbujas atrapadas (figura 2d).

Estas porciones son conocidas como fragmentos pumíceos o piedra pómez, estas rocas compuestas por vidrio volcánico con abundantes burbujas de gas, flotan en el agua debido a su baja densidad producto de la cantidad de burbujas de gas que ayudan a su flotación. Estos productos volcánicos de pequeño tamaño pueden dispersarse grandes distancias desde su origen. En particular, el polvo puede alcanzar grandes alturas en la atmósfera, donde puede permanecer por períodos prolongados. Cuando ocurre una erupción y se generan cenizas, las mismas se dispersan por ciertas zonas, que van a depender principalmente de la dirección de viento predominante.

Cuando comienzan a caer, provocan el oscurecimiento del día. Dada a la intensidad de la caída, es decir la cantidad, las cenizas pueden ocluir la luz solar, provocando el oscurecimiento del ambiente, y generando una sensación de noche, en pleno día (Dr. Alberto Tomás Caselli, 2011).

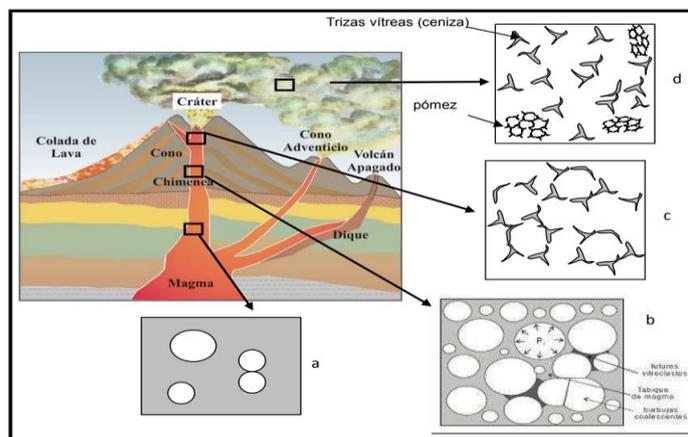


Ilustración 2-2: Representación del origen de las cenizas en los volcanes

Fuente: (Dr. Alberto Tomás Caselli, 2011).

(a) porción del magma (en gris) con formación de burbujas (en blanco) producidas por pérdida de presión; (b) aumento de exsolución de burbujas (círculos blancos) del magma (en gris) mostrando los tabiques (remarcado en negro) que se forman al crecer las burbujas y disminuir el espacio entre ellas (futuras trizas vítreas que en conjunto son denominadas como ceniza volcánica al ser eyectadas por el cráter); (c) fragmentación de los tabiques (en gris) que existe entre burbujas dando lugar a partículas puntiagudas denominadas trizas vítreas o ceniza; (d) porción de la nube

donde se observan las trizas eyectadas (que darán lugar a nubes de cenizas) junto a porciones que no se fragmentaron (pómez).

La ceniza volcánica se compone de finas partículas de roca volcánica fragmentada (de menos de 2 mm de diámetro). Esta ceniza suele estar caliente en las inmediaciones del volcán, pero se enfría cuando cae a mayor distancia. Se forma durante las explosiones volcánicas a partir de avalanchas de rocas calientes que bajan por las laderas de los volcanes, o a partir de salpicaduras de lava líquida incandescente.

Las cenizas varían en apariencia, dependiendo del tipo de volcán y de la forma de erupción. Así, su color puede ir desde un tono gris claro hasta el negro, y pueden variar en tamaño: desde ser como arenilla hasta ser tan finas como los polvos de talco. Las cenizas en suspensión bloquean la luz solar, reduciendo la visibilidad, hasta el punto de producir oscuridad completa durante el día en algunos casos.

En general la ceniza volcánica está compuesta por óxidos, principalmente de sílice, aluminio y hierro (80%), Mg, calcio, sodio, potasio, plomo; metales pesados como vanadio, cromo, cobalto, níquel y zinc. Se presenta en forma de polvo fino, con alturas de precipitación de 1 a 3 cm (en zona mediana de riesgo) y de 5 a 10 cm (en zona de alto riesgo) (M.de los Ángeles Llinares, 2015).

2.2.2.4. Efectos sobre la matriz productiva

La ceniza puede alterar la composición química de los suelos. Modifican su acidez, los nutrientes y la retención del agua. Esos cambios en las condiciones perjudican la supervivencia de los cultivos. Las plantaciones tienen menos probabilidades de sobrevivir cuando las partículas de ceniza son más espesas. Sin embargo, el USGS dice que predecir las potenciales pérdidas de los cultivos es difícil por la variedad de factores ambientales que están involucrados.

Los efectos en la agricultura dependen del tipo de cultivo, su grado de desarrollo y el espesor de la capa de ceniza, según la desaparecida Secretaría Técnica de Gestión de Riesgos (antecesora del actual Servicio Nacional de Gestión de Riesgos y Emergencias). Los más afectados suelen ser las hortalizas, legumbres, pastos, tubérculos y frutales porque tienen un mayor nivel de retención de la ceniza. Los menos, los cereales y los granos.

Otro peligro se da cuando la lluvia interactúa con el gas volcánico dentro de la columna de ceniza del volcán. Eso puede provocar lluvia ácida que al caer sobre las plantas causa problemas en su superficie y en el suelo, que elimina los minerales y nutrientes de la tierra que los árboles necesitan

para crecer. Además, a grandes alturas, puede quitar los nutrientes del follaje de los árboles dejándolos con hojas café o muertas. Esas plantas tienen más dificultad para absorber luz solar, lo que los debilita y los vuelve menos capaces de soportar bajas temperaturas.

En 2012, la Secretaría de Riesgos hizo un estudio del impacto de la caída de ceniza del volcán Tungurahua en los cultivos cercanos. Concluyó que este fenómeno tenía un efecto directo “sobre las propiedades físico - químicas del suelo” como su pH (nivel de acidez o alcalinidad), textura y densidad. Por ende, también influía en “la disponibilidad de nutrientes y agua para los cultivos”. Sin embargo, el estudio dice que “desde el punto de vista mineralógico” la ceniza no modificó la composición del terreno agrícola cercano al volcán Tungurahua: se encontraron los mismos minerales en las áreas afectadas y en las que no cayó. El estudio también dice que hubo más consecuencias cuando la cantidad de ceniza era mayor, y en algunos casos dependen del tipo de producto. Las papas, por ejemplo, eran más pequeñas cuando la concentración de ceniza era más alta (Chejín, 2021).

Al igual que las personas, a los animales también les afectan las cenizas del volcánicas, tanto desde un punto de vista "físico y toxicológico", explica el veterinario Óscar Araya y académico de la Universidad Mayor de Temuco, Chile. "Físico, porque las cenizas cubren las praderas y podrían impedir que se alimenten", sostiene. Pero, además, recuerda a un ganadero al que se le murieron una gran cantidad de ovejas después de la erupción del Hudson. "Las cenizas se acumularon sobre su lana y con la lluvia el peso fue mayor", de manera que no pudieron sobrevivir.

"El sobrepeso es una de las principales causas de muerte", indica Araya. Pero también la lluvia ácida que podría formarse y "quemar el pasto y la propia piel de los animales".

Por otra parte, desde el punto de vista toxicológico, una alta concentración de sílice "produce bronquitis, enteritis, lesiones en las mucosas de la cavidad bucal" y, según el doctor, estas cenizas "deberían contener un nivel alto".

A esto se le suma el flúor, que se deposita en el pasto y lo ingieren los animales. "Una cantidad alta afecta a los huesos y los dientes", desgastándolos "hasta que casi los pierden". Hay que añadir, además, el agua del que beben que contiene sedimentos del material que expulsa el volcán y que dañan su sistema digestivo.

No hay una receta única para dar recomendaciones ni determinar en cuánto se va a ver afectado cada animal, pues, no sólo hay que hacer exámenes al ganado, sino también dependerá de la cantidad acumulada, el tipo de sedimento, la lejanía con el volcán y por cuánto tiempo persisten. Es por ello que el doctor Araya vaticina una "complicación enorme para los ganaderos" (BIO, 2015).

En relación con el consumo humano de productos derivados de los animales, Óscar Araya considera que "la carne no tiene mucho problema, porque los afectados suelen ser huesos y dientes". Sin embargo, aconseja evitar comer las vísceras como el hígado. Al beber agua en la que se acumulan estas cenizas, la fauna local también podría verse afectada. En el caso de la vegetación, sin embargo, los impactos serán diferentes, según sea nativa o no. La cultivada es la que más se resentirá.

"Si la carga de cenizas es muy alta, puede causar la muerte de la planta", aunque, de nuevo, habría que esperar a determinar la cuánto, qué tipo y durante cuánto tiempo, indica el director de la Escuela de Ingeniería Forestal de la Universidad Mayor, Pablo Honeyman.

Por su parte, los bosques nativos son los más resistentes. "Estos fenómenos son parte de su dinámica natural", explica Honeyman. "Están adaptados a estas condiciones", por lo que son capaces de sobrevivir.

En el caso de que se deposite lava y se quemem algunas zonas, "las especies nativas, en los tiempos de un bosque nativo que son cientos de años, colonizan y se inicia la sucesión para recuperar" la masa forestal, explica el experto. Hay que dejar, por tanto, que se limpien los bosques, lo que llevará algunos años. "Todo dependerá de la cantidad de cenizas acumuladas", reitera (BIO, 2015).

2.3. Bases conceptuales

2.3.1. Tipos de suelo del cantón Guamate

2.3.1.1. Según su funcionalidad

Suelos fumíferos. - (también llamados tierra negra): Son aquellos que posee gran cantidad de materia orgánica en descomposición, son fantásticos para retener el agua y por lo tanto son excelentes para cultivar.

Suelos mixtos. - Denominados a la mezcla del suelo arenoso y del suelo arcilloso.

Suelos arenosos: Son aquellos suelos que no retienen el agua, al poseer poca materia orgánica no son aptos para la agricultura.

Suelos arcillosos: Estos suelos están formados por pequeños granos finos de color amarillo y retienen el agua en charcos. Mezclados con humus pueden resultar muy efectivos para la agricultura (GUAMOTE, 2013).

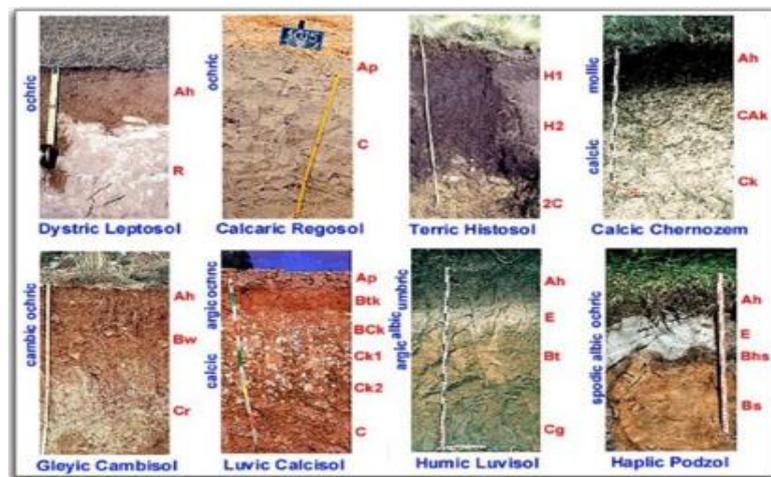


Ilustración 3-2: Clasificación del suelo según su funcionalidad

Fuente: (Hernández S. , 2018).

2.3.1.2. Según sus características físicas

Fluvisoles: El término fluvisol deriva del vocablo latino “fluvius” que significa río, haciendo alusión a que estos suelos están desarrollados sobre depósitos aluviales. El material original lo constituyen depósitos, predominantemente recientes, de origen fluvial, lacustre o marino. Se encuentran en áreas periódicamente inundadas, a menos que estén protegidas por diques, de llanuras aluviales, abanicos fluviales y valles pantanosos.

Aparecen sobre todos los continentes y cualquier zona climática. El perfil es de tipo AC con evidentes muestras de estratificación que dificultan la diferenciación de los horizontes, aunque es frecuente la presencia de un horizonte Ah muy conspicuo.

Los rasgos redoximórficos son frecuentes, sobre todo en la parte baja del perfil. Los fluvisoles suelen utilizarse para cultivos de consumo, huertas y, frecuentemente, para pastos. Es habitual que requieran un control de las inundaciones, drenajes artificiales y que se utilicen bajo riego.

Cuando se drenan, los fluvisoles típicos sufren una fuerte acidificación acompañada de elevados niveles de aluminio.

Los suelos del cantón Guamate presentan también características de tipo Vertisoles, con mayor cantidad en la Parroquia Cebadas, presentan un alto contenido de arcilla expansiva que, durante la estación seca, forma grietas profundas de al menos, 1 cm de ancho.

2.3.1.3. Según su capacidad de uso

Clase I: son tierras que soportan las actividades agrícolas, pecuarias o forestales, adaptadas ecológicamente a la zona, sin degradar a alguno de sus elementos, no presentan limitaciones, y permiten la utilización de maquinaria para el arado.

En cuanto a las variables son tierras sin ligeras limitaciones, de pendiente plana hasta 2 %, sin evidencias de erosión, suelos profundos y fácilmente trabajables, sin o muy pocas piedras, es decir, que no interfieren en las labores de maquinaria, con fertilidad alta y no tóxicos, suelos con drenaje bueno, no salinos, no presentan periodos de inundación o éstos son muy cortos, se ubican en el régimen de humedad del suelo údico; y, en los regímenes de temperatura iso hipertérmico e isotérmico. Tierras regables.

Clase II: son tierras que soportan las actividades agrícolas, pecuarias o forestales, adaptadas ecológicamente a la zona, sin degradar a alguno de sus elementos, presentan limitaciones ligeras que no suponen grandes inversiones para sobreponerlas, y permiten la utilización de maquinaria para el arado. En esta clase se encuentran los suelos apropiados para un uso agrícola intensivo o con capacidad de uso elevada.

Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones que reducen los cultivos posibles de implantar o requieren algunas prácticas de conservación. Son suelos buenos, que pueden cultivarse mediante labores adecuadas, de fácil aplicación. Pueden ser usados para cultivos agrícolas, forestales o pastos. La principal diferencia estriba en que presentan una pendiente suave, están sujetos a erosión moderada, su profundidad es mediana y pueden inundarse ocasionalmente.

Clase III: son tierras que soportan las actividades agrícolas, pecuarias o forestales, pero se reduce las posibilidades de elección de cultivos anuales a desarrollar o se incrementan los costos de producción debido a la necesidad de usar prácticas de manejo de suelo y agua; y permiten la utilización de maquinaria para el arado.

En esta clase de tierras se presentan limitaciones ligeras a moderadas, se encuentran en pendientes menores al 12 %, pueden o no presentar evidencia de erosión pudiendo ser ligera y moderada, son poco profundos a profundos, tienen poca pedregosidad que no limitan o imposibilitan las labores de maquinaria, poseen fertilidad alta, media o baja, tienen drenaje excesivo, bueno y moderado; incluyen a suelos salinos, ligeramente salinos y no salinos; presentan toxicidad sin o nula, ligera y media.

Pueden o no presentar periodos de inundación que pueden ser muy cortos y cortos; se ubican en regímenes de humedad del suelo údico y ústico; pueden ocupar regímenes de temperatura iso hipertérmico e isotérmico. Tierras regables con ligeras limitaciones.

Clase IV: estas tierras requieren un tratamiento especial en cuanto a las labores de maquinaria o permiten un laboreo ocasional. Se restringe el establecimiento de cultivos intensivos y admite cultivos siempre y cuando se realicen prácticas de manejo y conservación. Son tierras que presentan moderadas limitaciones, se encuentran en pendientes menores al 25 %; pueden o no presentar erosión actual pudiendo ser ligera y moderada; son poco profundos a profundos, y tienen poca o ninguna pedregosidad; son de textura y drenaje variable. Incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos y no tóxicos hasta altamente tóxicos. Pueden presentar o no periodos de inundación pudiendo ser ocasionales, muy cortos y cortos; se ubican en regímenes de humedad del suelo údico y ústico; ocupan regímenes de temperatura iso hipertérmico e isotérmico tierras regables con moderadas limitaciones.

Clase V: las tierras de esta clase requieren de un tratamiento muy especial en cuanto a las labores con maquinaria ya que presentan limitaciones difíciles de eliminar en la práctica, se limita el uso de cultivos anuales, permanentes y semipermanentes. En áreas planas y de texturas arcillosas el cultivo de arroz encuentra condiciones favorables para su establecimiento. Son tierras con limitaciones fuertes a muy fuertes, se encuentran en pendientes entre planas y suaves, es decir de hasta el 12 %, generalmente son suelos poco profundos, incluyendo suelos con mayor profundidad; con textura y drenaje variable; y ocasionalmente con limitaciones de pedregosidad; pueden presentar fertilidad desde baja hasta muy alta; incluyen a suelos desde no salinos a muy salinos y de no tóxicos hasta altamente tóxicos. Pueden presentar o no periodos de inundación pudiendo ser muy cortos, cortos, medianos y largos. Se encuentran en cualquier régimen de humedad del suelo; y en regímenes de temperatura del suelo iso hipertérmico e isotérmico.

Clase VI: Las tierras de esta clase agrológica se encuentran en pendientes medias a fuertes, entre 25 y 40 %, que restringen el uso de maquinaria; son aptas para su aprovechamiento con pastos,

especies forestales, ocasionalmente pueden incluirse cultivos permanentes y pastos. Son moderadamente profundos a profundos, poco pedregosos. Son de textura, drenaje y fertilidad variable; incluyen suelos desde no salinos a muy salinos y de no tóxicos hasta altamente tóxicos. Pueden o no presentar periodos de inundación pudiendo ser muy cortos y cortos. Se ubican en regímenes de humedad del suelo údico, ústico y perúdicico; ocupan regímenes de temperatura iso hipertérmico, isotérmico e isoméxico. Presentan severas limitaciones para el riego.

Clase VII: Estos suelos presentan fuertes limitaciones para el laboreo, especialmente por la pendiente. Muestran condiciones para uso forestal, pastoreo o con fines de conservación. Son tierras ubicadas en pendientes de hasta el 70 %; con suelos poco profundos a profundos; con pedregosidad menor al 50 %; en cuanto a la textura, drenaje y fertilidad éstas pueden ser variables; incluyen suelos desde no salinos a muy salinos y de no tóxicos hasta altamente tóxicos. Pueden o no presentar periodos de inundación pudiendo ser ocasionales, muy cortos, cortos y medianos. Se ubican en regímenes de humedad del suelo údico, ústico, perúdicico y arídico; abarcan regímenes de temperatura iso hipertérmico, isotérmico e isoméxico.

Clase VIII: Son áreas que deben mantenerse con vegetación arbustiva y/o arbórea con fines de protección para evitar la erosión, mantenimiento de la vida silvestre y fuentes de agua. Son tierras con las más severas limitaciones; corresponden generalmente a pendientes superiores al 70%. Independiente de sus limitaciones solas o combinadas -37- no presentan condiciones para su utilización en actividades agrícolas pecuarias o forestales (GUAMOTE, 2013).

Tabla 3-2: Clases y subclases de capacidad de uso de los suelos

Clases			Subclases		
Símbolo	%	Ha	Símbolo	%	Ha
II	0.7	11608	i	0.7	11608
III	4.5	76079	i	1.7	28782
			e	0.4	6386
			es	1.3	22311
			esw	1.1	18600
IV	1.7	28694	e	0.5	9737
			es	1.2	18957
V	2.5	42205	sw	1.8	29805
			swi	0.7	12400
VI	23.2	393697	es	23.2	393697
VII	35.6	596094	swi	1.0	16812
			es	34.6	579282
VII	29.1	488823	swi	3.2	53551
			es	25.9	435272
Ríos	2.7	43100	-	2.7	43100
Total	100.0	1680300	-	100.0	1680300

Fuente: (López, 2016).

2.3.2. Cobertura vegetal natural

2.3.2.1. Cobertura vegetación natural

La mayor parte de superficie del cantón Guamote está comprendida por cobertura vegetal natural, conformada por páramos, bosques, matorrales y vegetaciones herbáceas húmedas. La cobertura natural será detallada en la sección de resultados de cobertura vegetal natural. La cobertura vegetal natural del cantón Guamote, tiene 5 unidades vegetales en su circunscripción territorial.

El Páramo Herbáceo con 51693,4875 Ha (42,27%) del territorio cantonal, y que por ejemplo lo encontramos muy alterado en el sector de Pulu corral parroquia Cebadas y en muchos sectores del cantón Guamote; el Arbustal Húmedo con 13857,1300 Ha (11,33%) que lo encontramos en las zonas noroeste y suroeste de Guamote, Arbustal Seco con 11640,0750 Ha (9,52%) distribuido -41- indistintamente de norte a sur en el flanco central; Bosque Húmedo y el Herbazal Húmedo con menos del 1 % del territorio guamoteño.

La vegetación natural con diferentes grados de intervención humana, constituyen el patrimonio natural del cantón y es de especial importancia por su mayor superficie, el páramo herbáceo con el 66,52% y arbustal húmedo con 17,83%, del total de superficie vegetal natural de Guamote, mismos que son los reguladores hídricos, que generan el agua para las poblaciones del cantón y fuera del mismo (GUAMOTE, 2013).

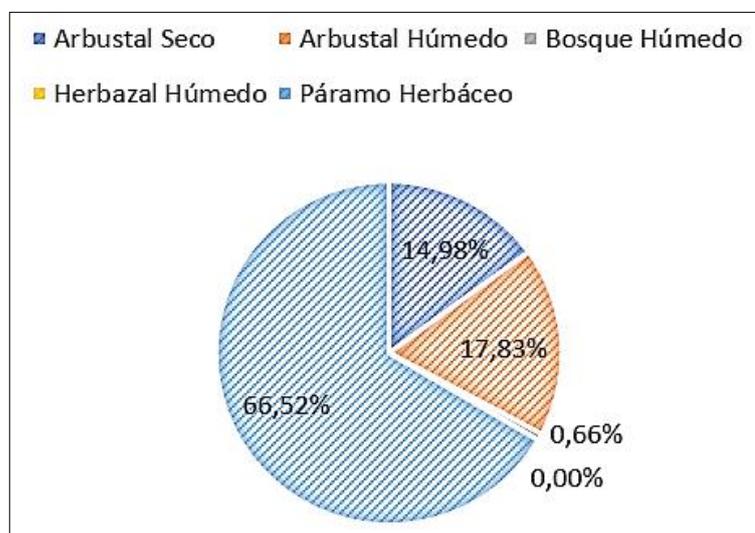


Ilustración 4-2: Cobertura vegetal natural en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

2.3.2.2. Formaciones vegetales del cantón Guamote

El cantón Guamote presenta cinco formaciones vegetales, de las cuales se describe sus características, fisonomía y composición florística.

Tabla 4-2: Formaciones naturales del cantón Guamote con relación a la cobertura vegetal natural

Cobertura vegetal natural	Superficie	
	(Ha)	(%)
Páramo herbáceo	55852.66	72.13
Bosque húmedo	253.08	0.33
Matorral húmedo	5353.26	6.91
Vegetación herbácea humedal	111.38	0.14
Vegetación herbácea húmeda	15960.90	20.48

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

2.3.2.3. Especies vegetales en el cantón Guamote

Páramo herbáceo: este tipo de cobertura vegetal se encuentra en el Cantón Guamote sobre los 3 100 a 3 960 m.s.n.m. En su límite inferior se encuentra la Ceja Andina arbustiva, frecuentemente conformada por campos cultivados donde el bosque andino ha sido deforestado. Se visualizan “quemadas”, que sensibilizan a esta cobertura vegetal. Su diversidad florística es dominada por Poáceas. El páramo en este cantón ocupa una superficie de 55 852,66 ha, que representan el 72,13 % de la cobertura vegetal natural.

Bosque húmedo: Es un tipo de formación vegetal arbórea generado por sucesión natural, se caracteriza por la presencia de árboles de diferentes especies nativas con uno o más estratos; fisonómicamente se mantienen con un verdor y humedad constante. Este bosque se distribuye dentro del cantón entre los 2 100 a 3 100 m.s.n.m. Presenta una alta densidad de especies con niveles de estratificación bien representados. La flora representativa en este tipo de cobertura vegetal está determinada por especies de musgos, epifitas especialmente helechos y bromelias.

El Bosque húmedo se encuentra distribuido en todo el cantón, ocupando una superficie de 253,08 ha, que representa el 0,32 % de la cobertura vegetal natural del cantón. Gran parte de la superficie del bosque húmedo lo conforman árboles de *Polylepis sp.*, también llamado yagual o árbol de papel. Matorral húmedo Pertenece a una vegetación densa, lignificada, de poca altura, no superior a ocho metros y que mantienen el verdor de sus hojas en forma constante. Las condiciones en la que se presenta este sistema es la misma de los bosques siempre verdes, la diferencia radica en que este sistema se encuentra en un estado de -44- degradación a causa de la presión por las actividades agrícolas, estas actividades han provocado que las especies arbustivas en este sistema subsistan y que las especies arbóreas pioneras se encuentren en un estado juvenil, en virtud de lo cual el estrato del sistema da una apariencia arbustiva. Las especies identificadas en este tipo de cobertura son: *Oreopanax sp.* (*Araliaceae*), *Baccharis sp.* (*Asteraceae*), *Coriaria ruscifolia* (*Coriaceae*), *Calceolaria sp.* (*Scrophulariaceae*), *Lantana* (*Verbenaceae*), entre otras. Esta formación vegetal, ocupa 5 353,26 ha de superficie, que representan el 6,91 % de la cobertura vegetal natural del cantón.

Vegetación herbácea de humedal: son asociaciones herbáceas densas no graminiformes que viven en contacto con el agua de las lagunas y de las orillas de los ríos. En el cantón Guamote esta cobertura ocupa una superficie de 111,38 ha que representan el 0,14 % del total de cobertura vegetal natural del territorio. La especie más común y diagnóstica de este tipo de vegetación son las llamadas totoras, *Scirpus californicus*.

Vegetación herbácea húmeda: vegetación constituida por especies herbáceas, predominantemente gramíneas que no reciben cuidados antrópicos y que mantienen el verdor de sus hojas en forma constante, utilizados con fines de pastoreo esporádico (CLIRSEN, 2010). Esta vegetación es una composición de especies distintas dependiendo de la humedad, tipo del suelo y sector geográfico de la distribución. En el cantón podemos observar especies asociadas como *Cortaderia jubata* (*Poaceae*) el llamado sigse, *Plantago major* (*Plantaginaceae*), *Rumex crispus*, (*Asteraceae*), *Malva peruviana* (*Malvaceae*). La Vegetación herbácea húmeda se encuentra restringida en su distribución, existen áreas dispersas que representan a esta formación vegetal. Esta vegetación cubre el 20,48 % equivalente a 15 860,90 ha de la cobertura vegetal natural del cantón.

Recursos naturales no renovables existentes de valor económico, energético y/o ambiental.

2.3.2.4. Factores climáticos

El clima abarca los valores estadísticos sobre los elementos del tiempo atmosférico en una región durante períodos que se consideran suficientemente representativos, de 30 años o más. Conviene que estos períodos sean más largos en las zonas subtropicales y templadas que en la zona intertropical, especialmente en la faja ecuatorial donde el clima es más estable y menos variable en lo que respecta a los parámetros meteorológicos. Los parámetros meteorológicos más importantes que integran con clima son: temperatura, presión, vientos, humedad y precipitaciones. Estos valores se obtienen con la recopilación de forma sistemática y homogénea de la información meteorológica.

El clima es un conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan al estado medio de la atmósfera en un área de la superficie terrestre. El clima en general y el Régimen Pluviométrico en particular, dependen en gran parte del sistema orográfico de cada sector. En el cantón Guamote el clima presenta variaciones según la altitud, la ubicación ya que nos encontramos en la Cordillera de los Andes respecto al movimiento de las masas de aire (GUAMOTE, 2013).

Tabla 5-2: Tipos de clima en el cantón Guamote

Tipo de clima	ha	%
Nival	3550.4	0.54
Ecuatorial mesotérmico semihúmedo	13947	2.12
Ecuatorial mesotérmico seco	18580	2.83
Ecuatorial de alta montaña	86065	13.11
Tropical mega térmico semi - húmedo	122142	18.60

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

En el Cantón Guamote la precipitación es de 699 mm al año, la menor cantidad de lluvia ocurre en agosto. El promedio de este mes es 27 mm. La mayor cantidad de precipitación ocurre en marzo, con un promedio de 94 mm. La variación en la precipitación entre los meses más secos y húmedos es 67 mm., (Estación totorillas 2013), con estas características de la lluvia al parecer la que menor peso tiene en la explicación de las pérdidas de suelo, es la cantidad, ya que la intensidad y frecuencia, son determinantes en la erosión de algunas zonas de Guamote.

Tabla 6-2: Precipitación media mensual (mm) de estaciones meteorológicas

COD	Nombre	Ene	Feb	Mar	Abr	Ma	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	T
M134	Guamote	23,8	48,0	44,4	36,6	22,8	18,6	11,5	11,4	23,9	33,5	22,0	22,7	362
M395	Cebadas	27,4	48,2	77,6	81,1	54,1	34,9	18,1	14,2	20,6	30,1	39,6	33,2	514
M398	Palmira	33,8	52,9	71,0	75,4	57,1	29,8	15,9	11,4	28,0	58,7	40,7	38,9	319
M691	Totoras	22,5	42,8	50,7	54,0	46,9	16,0	25,7	8,86	18,3	31,4	15,9	29,2	479

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

La temperatura del aire es el elemento del clima al que se asigna mayor importancia como causa de las variaciones que experimentan el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos agrícolas. Por esta razón, es necesario conocer la disponibilidad (cantidad y duración) y el régimen térmico de una localidad, que con las disponibilidades hídricas (precipitación y humedad edáfica) permitirá cuantificar la aptitud climática regional.

2.3.2.5. Biodiversidad

De acuerdo con su ubicación y al poseer recursos naturales; aunque mal manejados el cantón Guamate cuenta con una importante representatividad de flora y fauna; sin embargo, de a poco va desapareciendo por el avance de la frontera agrícola, tomando en cuenta que la mayor zona de páramos se encuentra entre los 3200-3900 m.s.n.m. El avance de la frontera agrícola ha contribuido a la destrucción de la biodiversidad que se desarrollan en hábitats naturales.

Tabla 7-2: Flora principal de Guamate

Nombre común	Nombre científico	Tipo	Especie
Paja	<i>Calamagrotis i.</i>	Arbóreo	A
Matico	<i>Buddleja g.</i>	Arbóreo	A
Quishuar	<i>Buddleja i.</i>	Arbóreo	A
Valeriana	<i>Vaccinium f.</i>	Arbóreo	A
Menta	<i>Mentha l.</i>	Arbóreo	A
Manzanilla	<i>Chamaemelum n</i>	Arbóreo	A
Eucalipto	<i>Globosus l.</i>	Arbóreo	A
Tilo	<i>Tilia c.</i>	Arbóreo	A
Tuna	<i>Opuntia p.</i>	Arbóreo	A
Pino	<i>Pinus p.</i>	Arbóreo	A
Yagual	<i>Polylepis r.</i>	Arbóreo	A
Cabuya	<i>Brugmansia a.</i>	Arbóreo	A
Toronjil	<i>Melissa o.</i>	Arbóreo	A
Lupina	<i>Lupinus sp.</i>	Arbóreo	A
Cola de Caballo	<i>Equisetum a.</i>	Herbáceo	H
Gramalote	<i>Panicum m.</i>	Herbáceo	H
Musgo	<i>Bryophyta sp.</i>	Herbáceo	H
Trébol	<i>Trifolium sp.</i>	Herbáceo	H
Hierba Buena	<i>Mentha l.</i>	Herbáceo	H
Berro	<i>Cardamine n.</i>	Herbáceo	H
Ortiga	<i>Urtica l.</i>	Herbáceo	H
Nabo	<i>Brassica r.</i>	Herbáceo	H

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

2.3.3. Técnicas de toma y remisión de muestras de suelo

Es importante hacer un croquis o mapa de la propiedad, indicando la posición de las parcelas donde se realizará el muestreo e identificarlas. El mismo debe ser guardado junto con los resultados de los análisis, para el seguimiento de la evolución del suelo a través del tiempo. La parcela para muestrear debe ser uniforme en color, tipo de suelo, uso anterior y posición en la pendiente. Las manchas (superficies no representativas de las parcelas a muestrear) en la parcela no deben ser muestreadas o hacerlo separadamente. En general, no es conveniente muestrear áreas superiores a diez hectáreas. Como auxiliares para separar áreas homogéneas, se pueden usar cartas topográficas, fotografías aéreas y mapas de suelos (INTA, 2019).

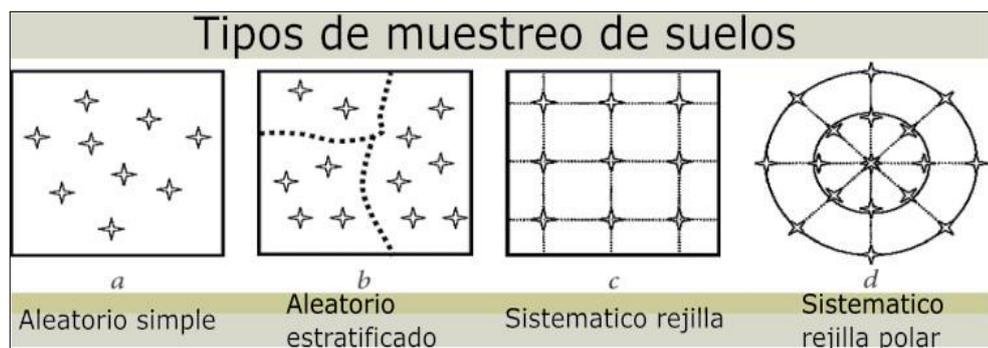


Ilustración 5-2: Tipos de muestreo de suelo

Fuente: (Tito, 2020).

2.3.3.1. Tipo y cantidad de muestras a tomar

Muestra simple: Es la que se obtiene con una sola extracción de suelo. Son usadas en trabajos de investigación y en suelos muy homogéneos. Se recomienda cuatro muestras por hectárea, de 1 kilogramo de suelo cada una.

Muestra compuesta: Se refiere a la muestra de suelo obtenida por la extracción de varias muestras simples o submuestras, reunidas en un recipiente y bien mezcladas, de donde se toma las muestras de suelos y se retiran de 0,5 a 1 kg de suelo.

En la toma de una muestra compuesta, se debe tener en cuenta que cada submuestra sea del mismo volumen que las demás y representar la misma sección transversal del volumen de que se toma la muestra (una misma profundidad) (INTA, 2019).



Ilustración 6-2: Muestras compuestas de suelo

Fuente: (Espinoza, 2017).

Tabla 8-2: Profundidad de toma de muestra por tipo de cultivo

Uso de la tierra	Profundidad (cm)	Observaciones
Cultivos anuales con labranza tradicional	0 a 10 o 0 a 20	Solo la capa arable; muestreo 2 meses previo a la siembra
Hortalizas	0 a 10	Muestreo por lote o bancales
Pastos	0 a 10	Dividir potreros en áreas homogéneas
Plantaciones perennes y frutales	0 a 30 y 30 a 60	1 mes previo a la floración, tomar muestra en un radio de 50 cm al árbol
Cultivos de siembra directa	0 a 5	Para estudios de rutina se puede muestrear de 0 a 5 cm y de 5 a 10 cm

Fuente: (Espinoza, 2017).

2.3.3.2. Características de los muestreos en los diferentes cultivos

Para cultivos anuales, retirar las muestras de los surcos a una profundidad de 20 cm. Si el sistema es de siembra directa, se recomienda muestrear a 2 profundidades, de 0 a 10 y de 10 a 20 cm. Para cultivos perennes, realizar el muestreo en la zona de fertilización, principalmente en la proyección de la copa. También se recomienda muestrear con menor frecuencia, la parte media de la calle o entrelineo. La profundidad recomendada es de 0 - 20 y de 20 - 40 cm. Otra forma, más detallada, es a profundidades de 0 - 10, 10 - 20, 20 - 40 y 40 - 60 cm. Para pasturas implantadas, se

recomienda tomar los recaudos de dividir los potreros en áreas homogéneas de muestreo. La profundidad de muestreo, en general, es de 0 - 10 cm (INTA, 2019).

Tabla 9-2: Muestreo de suelo para cultivos anuales y perennes

Tipo de cultivo	Área de interés (Ha)	Número de muestras por hectárea
Anual	1	0.2
	5	0.5
	10	1
	20	2
	50	4
Perennes	1	0.5
	5	2
	10	3
	20	4
	50	5

Fuente: (Espinoza, 2017).

2.3.3.3. Situaciones no muestreables

No se deben tomar muestras de suelo a la orilla de los caminos, alambrados, bebederos, dormideros, montes, surcos muertos, antiguas construcciones y sectores de carga de fertilizantes o agroquímicos. Las muestras de suelo virgen se deberán tomar dentro del monte o debajo de los alambrados, estas sirven como puntos de comparación con los suelos bajo cultivo (INTA, 2019).

2.3.3.4. Envío de la muestra al laboratorio

Normalmente una etiqueta va en el interior y otra en el exterior de la bolsa. La cantidad de muestra a enviar puede variar de 0,5 – 1,0 kg, envasada en bolsas plásticas. El suelo debe estar preferentemente seco. Si se encuentra húmedo, secarlo a la sombra sobre un plástico limpio. La muestra de suelo debe estar debidamente identificada, con informaciones de la parcela (cultivos, insumos, labores culturales y ubicación geográfica, topográfica y catastral), del responsable de la muestra (nombre, dirección, localidad, teléfono, lote, Establecimiento) y profundidad de muestreo. Los análisis deberán realizarse con suficiente antelación para que de acuerdo con los resultados tomar los recaudos necesarios para la planificación de las actividades de manejo del suelo y requerimientos de insumos (Luis Daniel Llambí, 2012).

2.3.4. Evaluación de impacto ambiental

Evaluación de impacto ambiental (E.I.A.) es el procedimiento que incluye el conjunto de estudios, informes técnicos y consultas que permiten estimar las consecuencias que un determinado proyecto, instalación o actividad causa sobre el medio ambiente. Se trata de un análisis a través del que formar un juicio objetivo y a partir del cual aprobar o rechazar un proyecto, a los solos efectos ambientales.

La introducción del concepto de E.I.A. ha producido un giro significativo en el modo de encarar los procesos, diseño y ejecución de las actividades humanas. Con anterioridad a la entrada en vigor de la normativa relativa a esta materia, la evaluación de la viabilidad de un proyecto se basaba sólo en criterios técnicos, económicos y sociales, y no ambientales.

En la década de los 70, con los primeros encuentros sobre medio ambiente comenzó a verse la necesidad de incorporar la variable ambiental como factor de garantía de progreso sostenible, al detectarse un agravamiento de los problemas sobre el entorno, tanto a nivel global como local. La E.I.A. constituye una de las herramientas más útiles para la protección ambiental, ya que incorpora variables que antes no se tenían en cuenta.

La E.I.A. se entiende como un proceso de análisis que anticipa los futuros efectos ambientales negativos y positivos de determinadas acciones, y permite seleccionar alternativas que alcen los beneficios y disminuyan los impactos.

Por ello, es necesario impulsar el control y la adopción de medidas preventivas, correctoras o compensatorias en aquellas actuaciones susceptibles de producir efectos negativos sobre el medio, afectando con ello a la calidad de vida de los ciudadanos. (Josheline, 2018).

2.3.4.1. Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es un cuadro de doble entrada de relación causa-efecto empleado en la evaluación del impacto ambiental. Esta matriz sistematiza la relación entre las acciones a implementar en la ejecución de un proyecto y su posible efecto en factores ambientales.

La matriz de Leopold es ampliamente utilizada como método de evaluación cualitativo y permite asignar un carácter al impacto (positivo o negativo). Este método matricial de evaluación fue propuesto en 1971 por Luna Leopold en colaboración con otros investigadores norteamericanos.

Entre sus principales ventajas están ser un método sencillo de implementar, de bajo costo y aplicable a todo tipo de proyectos. Como desventaja principal exhibe la carga subjetiva en las decisiones del investigador al asignar los órdenes de magnitud e importancia.

Por otro lado, este método solo considera impactos primarios de interacción lineal, no interacciones complejas entre acciones, factores ambientales o repercusiones secundarias. Desde su creación, se ha aplicado en numerosos estudios de impacto ambiental en diversos ámbitos como la minería, construcción, acuicultura y agricultura.

La matriz de Leopold se utiliza para evaluar el posible impacto ambiental de la ejecución de un proyecto e inicialmente fue desarrollada para proyectos mineros. Este método resulta útil, ya que es una lista de verificación que emplea información cualitativa sobre relaciones causa-efecto. En las legislaciones ambientales del mundo se exigen estudios de impacto ambiental para aprobar proyectos de diversas índoles, como la construcción de carreteras, urbanismos, plantas industriales, minería, petróleo o cualquier actividad susceptible de afectar el ambiente.

La matriz de Leopold es un método sencillo que permite una primera aproximación holística a la definición de posibles impactos ambiental (Gómez, 2019).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Enfoque de investigación

El trabajo de investigación: “Evaluación de impacto ambiental sobre la matriz productiva del cantón Guamote producida por la caída de ceniza del volcán Sangay” utilizan un enfoque cuantitativo porque proporciona variables de control.

3.2. Diseño de investigación

3.2.1. Localización del proyecto

La investigación se llevará a cabo en el Cantón Guamote, ubicado a 31km de la ciudad de Riobamba - Chimborazo.

3.2.1.1. Ubicación geográfica del proyecto

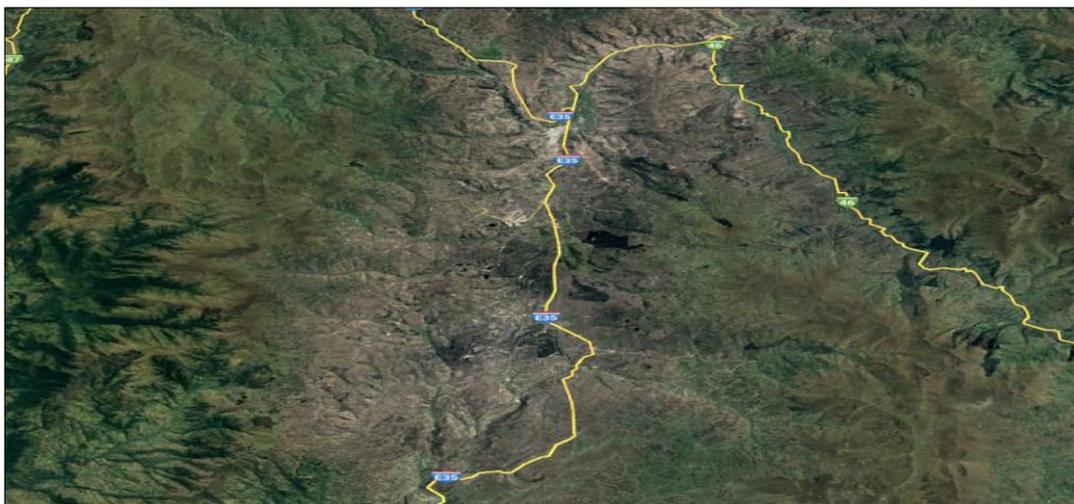


Ilustración 1-3: Ubicación geográfica del proyecto

Fuente: (Google Earth Pro, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Tabla 1-3: Ubicación geográfica del proyecto

Provincia:	Chimborazo
Ciudad:	Guamote
Parroquias:	Cabecera Cantonal, Cebadas y Palmira.
Altura:	3051 msnm.
Coordenadas:	WSG84: 17 M 762160 9788453

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

3.2.2. Población de estudio

La población de estudio hace referencia al número total de sectores afectados por la caída de ceniza del volcán Sangay, los cuales se identificaron con las encuestas dirigidas a sus comuneros, siendo un total de 7 puntos los más representativos para el estudio: Cebadas Cabecera, Ichubamba, Palmira Dávalos, Pull Chico, Pull Quishuar, San José de Sabalog, San Pedro de Ayacón.

3.2.3. Tamaño muestra

Lo compone el total de muestras de suelo y biomasa recolectadas durante el desarrollo del proyecto, estableciéndose que, por cada sector, se tomó 1 muestra compuesta de suelo y 2 muestras compuestas de biomasa, teniendo un total de 7 muestras de suelo y 14 muestras de biomasa.

3.2.4. Método de muestreo

El tipo de muestreo de la investigación es probabilístico criterial, prevé un proceso de selección guiado por criterios estadísticos de generalización.

3.2.5. Técnicas de recolección de datos

3.2.5.1. Cuestionarios

Se elaboraron un total de 200 cuestionarios clasificados en dos sectores estratégicos a la investigación (Ganadero y Agrícola).

3.2.6. *Análisis Estadístico*

3.2.6.1. *Estudio observacional del contenido de metales pesados*

Se observó el contenido de metales pesados utilizando técnicas físico - químicas, mediante el cual se compara el porcentaje de metales pesados con los establecidos en la normativa.

3.2.7. *Etapas del proyecto*

3.2.7.1. *Etapa 1. Identificación de las comunidades de Guamote más afectadas por la ceniza del volcán Sangay y recolección de muestras de suelo – biomasa*

Se realizó un proceso de identificación de las comunidades más afectadas del cantón Guamote, mediante el uso de cuestionarios dirigidos a los comuneros con criterios de uso agrícola – ganadero respectivamente; así mismo, se recolectó las muestras de suelo – biomasa en la zona de estudio.

3.3. *Descripciones de los procedimientos, materiales, reactivos y equipos*

3.3.1. *Identificación de sectores estratégicos y muestreo*

La identificación de los sectores más afectados por la ceniza se realizó mediante el uso de cuestionarios, con fines de recopilación de información del uso del terreno y productividad de este; de la misma forma la recolección de muestras de suelo se realizó con el método de zig – zag.

Tabla 2-3: Identificación de sectores estratégicos y muestreo de suelo – biomasa

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Se implementaron un total de 200 cuestionarios sobre la población de diversas comunidades del cantón Guamote. • Los 200 cuestionarios se analizaron estadísticamente y se identifican las comunidades más productivas del cantón Guamote en base a sus tipos de cultivo. • Tomamos las coordenadas del muestreo con la ayuda de un equipo GPS. • Preparamos los materiales para muestrear el suelo. • Con la ayuda de una pala y machete retiramos la vegetación del punto de muestreo. • Con la ayuda de un barreno muestreamos en zig-zag 500g de suelo productivo de las comunidades identificadas previamente. • Tomamos 500g de vegetación productiva (raíz, tallo y fruto) que previamente retiramos. • Almacenamos las muestras en fundas Ziploc rotuladas para su transporte hasta el laboratorio. 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encuestas • Esferos • Barreno • Pala • Pico • Fundas Ziploc • Espátula • Machete <p>Reactivos</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	<p style="text-align: center;">GPS</p>

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 2-3: Muestreo de suelos y biomasa de las comunidades identificadas

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

3.3.1.1. Etapa 2. Preparación de muestras de suelo y biomasa recolectadas previamente de la zona de estudio

Se realizó un proceso de secado y trituración de muestras de suelo y biomasa para que sean aptas para ejecutar los análisis físico – químicos pertinentes; realizados en el laboratorio de Impactos y Protección Ambiental de Responsabilidad del grupo GAIBAQ.

3.3.2. Preparación de muestras

Para la preparación de muestras se utilizó la técnica de secado por volteo para las muestras de suelo y para las muestras vegetales en estufa.

Tabla 3-3: Secado de muestras de suelo

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Las muestras frescas se secan a temperaturas entre 60 y 70° C hasta llegar a peso constante con el objetivo de eliminar la humedad.• Se disminuye el tamaño de las muestras triturándolas, garantizando que el diámetro de partícula sea < 2 mm.• Se colocan las muestras en recipientes o envases adecuados, con la respectiva codificación, para secarlas en estufa a la temperatura de 105°C durante 24 horas, con la finalidad de eliminar toda la humedad restante.• Para asegurar que las muestras no absorban humedad estas pueden ser colocadas en el desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente (tiempo aproximado de media hora).• Una vez que las muestras se encuentran a temperatura ambiente, se colocan en envases con sello hermético, correctamente etiquetados.• Las muestras se encuentran listas para los análisis posteriores.• Los análisis deben hacerse y los resultados deberán reportarse en fase seca.• Con la preparación de la muestra se debe asegurar la homogeneidad y representatividad, como primer paso para obtener resultados confiables.	<p style="text-align: center;">Materiales</p> <ul style="list-style-type: none">• Vasos de precipitación• Desecador de vidrio	<ul style="list-style-type: none">• Trituradora• Estufa

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 3-3: Secado de muestras de suelo

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

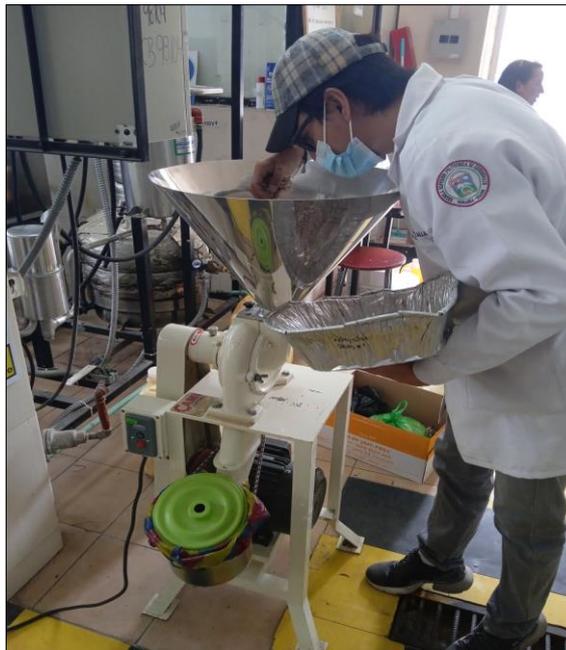


Ilustración 4-3: Triturado de muestras vegetales

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

3.3.2.1. Etapa 3. Caracterización física de las muestras de suelo y biomasa

Se ejecutaron diferentes procesos físicos para caracterizar las muestras de suelo y biomasa de las comunidades de la zona de estudio; realizados en el laboratorio de Impactos y Protección Ambiental de Responsabilidad del grupo GAIBAQ.

- **Determinación de pH**

Tabla 4-3: Determinación de pH para muestras de suelo y biomasa

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Triturar la muestra en un mortero y tamizarla en un tamiz de 2mm de diámetro. • Pesar 4 g de la muestra con precisión de 0,0001g y colocarla en un tubo para centrífuga. • El pH se determina en extracto acuoso 1:10 de las muestras preparadas previamente, en caso de utilizar más muestra, mantener la relación antes mencionada. • Adicionar 40 ml de agua destilada. • Agitar en el agitador durante 2 horas. • Retirar del agitador y dejar sedimentar. • Medir el pH directamente en el líquido sobrenadante. • Enjuagar siempre el bulbo medidor de pH y la sonda de temperatura con agua destilada entre medición y medición y secar suavemente con un paño de microfibra evitando tocar el bulbo. • Colocar y verificar que el bulbo esté en contacto con la solución de almacenamiento (KCl). 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubos para centrifuga de 50 ml / en caso de que se analice materiales que absorben mucho líquido usar otro tipo de envases. • Vasos de precipitación • Espátula y/o cucharilla • Piseta • Gradilla para tubos de centrifuga • Tamiz • Mortero y pistilo <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica. • Agitador. • pH-metro. • Centrífuga.

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 5-3: Determinación de pH de muestras de suelo y biomasa con el uso de pH-metro

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de Conductividad eléctrica**

Tabla 5-3: Determinación de CE

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Triturar la muestra en un mortero y tamizarla en un tamiz de 2mm de diámetro. • Pesar 4 g de la muestra con precisión de 0,0001g y colocarla en un tubo para centrifuga. • La conductividad eléctrica se determina en extracto acuoso 1:10 de las muestras preparadas previamente. • Adicionar 40 ml de agua destilada. • Agitar en el agitador mecánico durante 2 horas. • Retirar del agitador y centrifugar por 4 minutos a 1000 rpm. • Filtrar en papel filtro normal en un tubo para centrifuga. • Medir la conductividad eléctrica directamente en el tubo para centrifuga. • Enjuagar siempre el bulbo medidor de conductividad y la sonda de temperatura con agua destilada entre medición y medición y secar suavemente con un paño de microfibra. • Anotar los datos y tomar en cuenta las unidades obtenidas (mS o μS /cm). 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tubos para centrifuga de 50 ml • Vasos de precipitación • Espátula y/o cucharilla • Piseta • Gradilla para tubos de centrifuga • Tamiz • Mortero y pistilo <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica. • Agitador. • pH-metro. • Centrifuga.

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 6-3: Determinación de CE de muestras de suelo y biomasa con el uso de pH-metro

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- ***Determinación de materia orgánica***

Tabla 6-3: Determinación de materia orgánica de muestras de suelo y biomasa

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Codificar o verificar la codificación en la base de los crisoles, de preferencia se lo debe • hacer con lápiz, antes de seguir con el procedimiento. • Tarar el crisol (105 grados Celsius durante al menos 24 H con el objetivo de eliminar toda la humedad) • Pasar al desecador por 30 minutos o hasta que alcance la temperatura ambiente y pesar, • con esto aseguramos que el crisol tenga su peso estable y constante. Tomar nota del peso del crisol vacío. Nota: Usar balanza analítica • Añadir 3 g de muestra y anotar su peso, con todos los decimales. • Una vez que se ha colocado en la muestra en el crisol, colocar en la estufa a 105° C, durante al menos 2 horas, transcurrido ese tiempo, sacar colocar en desecador y pesar (crisol + muestra) y anotar el peso con todos los decimales. Nota: Usar balanza analítica 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Crisoles de porcelana • Espátula y/o cucharilla <p>Reactivos</p> <p>---</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica. • Estufa. • Mufla. • Desecador.

<ul style="list-style-type: none"> • Una vez tomado este peso colocar el (crisol + muestra) en la mufla durante 24 horas a 430° • Celsius (la mufla se programa por rampas de temperatura, de manera que la temperatura suba y baje de manera gradual) • Transcurridas las 24 horas sacar de la mufla y colocar en el desecador por 30 minutos. • Pesarse el crisol con la muestra calcinada. 		
---	--	--

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 7-3: Determinación de materia orgánica

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de densidad real**

Tabla 7-3: Determinación de densidad real de muestras de suelo

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Con ayuda de una balanza analítica pesar el balón aforado vacío, este debe estar limpio, seco y a peso constante (desecador). Registra el peso del balón vacío. • Posteriormente con ayuda de un embudo y con mucho cuidado poner dentro del balón de • aforo, 10 gramos de suelo (secado a temperatura ambiente), registrar el peso de la muestra P3: Peso 1+peso 2 (balón +muestra) • En el Balón con la muestra añadir 25 ml de agua destilada procurando lavar residuos de suelo en las paredes del balón, agitamos por 5 minutos para eliminar el aire retenido por la muestra. • Aforar a 50 ml con agua destilada asegurándose que no se formen burbujas y dejar reposar por 30 minutos, luego de transcurrido ese tiempo pesar el balón +muestra +agua, registrar el peso. • Lavar el balón llenar con agua, aforar y registrar el peso. • Los resultados serán introducidos en una hoja de cálculo para la obtención de la Densidad Real. 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Balón aforado de 50 ml • Embudo pequeño • Espátula <p>Reactivos</p> <p>---</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica.

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de densidad aparente**

Tabla 8-3: Determinación de densidad aparente de muestras de suelo

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Para la determinación de Densidad Aparente con ayuda de una probeta de los volúmenes indicados (25 o 50ml). • Pesarse la Probeta Vacía, encerrar la balanza. • En la misma probeta utilizada (encerada) poner la muestra de suelo (previamente molida y tamizada) dentro de la probeta, hasta un volumen conocido que puede ser los 25 o 50ml, se debe procurar que la muestra de suelo colocada no presente espacios de aire notorios, o grandes, y que la probeta se vaya llenando de manera uniforme sin ejercer presión en la muestra de suelo, de manera que tal que no se comprima el suelo. • Una vez colocado el suelo en la probeta, volver a pesar la probeta (previamente encerada), lo cual nos dará la masa de suelo contenida en la probeta. 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probetas de 25 ml o 50 ml • Embudo pequeño • Espátula <p>Reactivos</p> <p>---</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica.

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 8-3: Determinación de densidad aparente de muestras de suelo

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de textura**

Tabla 9-3: Determinación de la textura del suelo

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 100 gramos de suelo con la ayuda de la balanza y colocar en los vasos de precipitación • Una vez colocado el suelo en el vaso de precipitación agregar 10 ml de Solución Dispersante y 200 ml de agua destilada. • Con la ayuda de la varilla de agitación agitar bien hasta que la mezcla esté homogénea, para dejar reposar por 24 horas. • Trascorridas las 24 horas trasvasar el contenido del vaso de precipitación a la probeta de 1000 ml asegurándose que todo el contenido ha pasado a la probeta para lo cual nos podemos ayudar con la varilla de 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vasos de precipitación • Varilla de Agitación • Espátula • Probetas de 1000 ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Solución Dispersante 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Termómetro Digital • Cronómetro • Densímetro de Bouyoucos

<p>agitación y una piseta, de manera tal que nada de muestra quede retenido en el vaso.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez que se haya colocado todo el contenido del vaso en la probeta procedemos a llenar con agua destilada y con el densímetro en el interior de la probeta completar a un volumen de 1000 ml. • Sacamos el densímetro y con la ayuda de Parafilm y la palma de la mano agitamos vigorosamente la probeta de tal manera que nada de la muestra de suelo quede pegado en la base ni en las paredes de la probeta. • En este punto debemos tener listo el cronómetro ya que luego de agitar debemos colocar en una superficie plana la probeta y contabilizar 40 segundos, tiempo en el cual debemos hacer la primera toma (registro) de datos de temperatura y del valor que marque el Densímetro en dicho tiempo. • Luego de haber tomado los primeros datos debemos dejar en reposo la probeta con la muestra durante 2 horas. • Transcurrido ese tiempo colocamos nuevamente el densímetro (con mucho cuidado) y tomamos la lectura que marque una vez que se haya estabilizado y deje de moverse, al igual que la temperatura con ayuda del termómetro. • La determinación de textura se la realiza luego de tabular los datos de temperaturas y lecturas del densímetro a los diferentes tiempos, obteniendo los porcentajes de Arena, Limo y Arcilla. 		
---	--	--

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 9-3: Determinación de textura de muestras de suelo

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de carbono orgánico oxidable**

Tabla 10-3: Determinación de carbono orgánico oxidable de muestras de suelo

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Para pesar la cantidad adecuada de muestra debemos diferenciar entre suelos y biomasa • Para suelos pesar 0,1 a 0,5 g en un matraz Erlenmeyer de 500 ml. Dependiendo del color del suelo, mientras más oscuro sea, se pesa menor cantidad y viceversa. • Para biomasa pesar 15 a 20 mg y poner en un matraz Erlenmeyer de 500 ml • Con la ayuda de una pipeta y dentro de una campana extractora, adicionar 5 ml de la solución de dicromato de potasio 1N. • Adicionar lentamente con una pipeta volumétrica 10 ml de ácido sulfúrico concentrado girando el matraz con cuidado de manera que la mezcla quede en contacto con todo el suelo y evitando que se adhiera a las paredes. 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipetas automáticas o vidrio volumétricas que puedan tomar volúmenes de 5 y 10 ml <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Dicromato de Potasio ✓ Ácido Sulfúrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica.

<ul style="list-style-type: none"> • Dejar reposar la mezcla por 30 minutos. • Añadir 50 ml de agua destilada y desionizada. • Añadir 5 ml de ácido fosfórico al 85%. • Antes de titular añadir 5 gotas de Difenilamina en el Erlenmeyer (la solución cambiará de color de amarillo a negro) • Se realiza la titulación gota a gota desde una bureta con la solución de Sulfato Ferroso 0,5 N agitando constantemente. Para obtener una mejor homogenización se utiliza un agitador magnético. • Al inicio de la valoración se tiene una mezcla de color pardo oscuro que variará por distintas tonalidades de azul durante la valoración hasta el punto final cambiando a color verde esmeralda. • Anotar el volumen de sulfato ferroso utilizado en la valoración y proceder a realizar los cálculos. • Se debe realizar un blanco siguiendo el proceso antes descrito, pero sin muestra, para conocer el volumen de titulación usado en la fórmula. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ácido Fosfórico ✓ Sulfato Ferroso ✓ Difenilamina 	
--	--	--

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 10-3: Determinación de carbono orgánico oxidable en muestras de suelo

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

3.3.2.2. Etapa 4. Caracterización química de las muestras de suelo y biomasa

Se ejecutaron diferentes procesos químicos para caracterizar las muestras de suelo y biomasa de las comunidades de la zona de estudio; realizados en el laboratorio de impactos y protección ambiental de responsabilidad del grupo GAIBAQ.

- **Determinación de cloruros (Método Mohr)**

Tabla 11-3: Determinación de cloruros en muestras de suelo y biomasa

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Preparar extractos de las muestras solidas en proporción 1:20 en tubos para centrifuga. • Agitar en el agitador mecánico durante 2 horas. • Retirar del agitador y centrifugar por 4 minutos a 1000 rpm • Filtrar por gravedad o de ser posible con ayuda de equipo de filtración (Bomba de vacío, <i>embudo Buchner, Kitasato</i>) • Con micropipeta tomar 1 ml de este extracto y aforar a 100 ml. • Tomar 25 ml de la nueva solución en un matraz Erlenmeyer • Añadir 4 -6 gotas de indicador (K₂CrO₄ 5%) • Preparar Nitrato de Plata (AgNO₃) 0.01N, si se encuentra preparado continuar con el <i>siguiente paso</i>. • Titular con la solución de AgNO₃ 0.01 N hasta la formación de un color ladrillo • Medir el volumen de AgNO₃ (ml)consumido 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bureta • Erlenmeyer de 250ml • Soporte y pinza bureta • Papel filtro • Tubos para centrifuga <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Nitrato de plata AgNO₃ ✓ Cromato de potasio K₂CrO₄ 	<ul style="list-style-type: none"> • Centrifuga • Agitador • Micropipeta

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de sulfatos, nitratos y fosfatos**

Tabla 12-3: Determinación de sulfatos, nitratos y fosfatos en muestras de suelo y biomasa

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • La muestra debe estar previamente acondicionada (molida) • Pesar 4 g de la muestra con precisión de 0,0001g y colocarla en un tubo para centrífuga o <i>envase adecuado según las características de la muestra.</i> • Adicionar 40 ml de agua desionizada. • Para determinar Sulfatos el extracto acuoso tiene una relación de 1:10. • Agitar con ayuda del agitador mecánico durante 2 horas. • Retirar del agitador y dejar sedimentar. • Para facilitar la filtración se centrifuga los tubos con las muestras a 1000 RPM durante 5 minutos. • Para evitar interferencias se recomienda filtrar la muestra por filtros de 0,45 μm de <i>porosidad</i> 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Envases plásticos y/o tubos para centrífuga de 50 ml. • Papel filtro • Espátula • Celdas cubicas de Vidrio o Cuarzo (10 ml) para espectrómetro HACH. • Balones de aforo de diferentes volúmenes (25, 50, 100) <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ SulfaVer Hach 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Centrífuga • Agitador • Micropipeta • Espectrómetro HACH (Laboratorio de Calidad del Agua)

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Determinación de capacidad de intercambio catiónico**

Tabla 13-3: Determinación de CIC

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Se pesa en fundas de papel aluminio con precisión de 1,0001 g un gramo de muestra y 4 gramos de C activo para retener las fracciones orgánicas de bajo peso molecular. • Se colocan en un Embudo Büchner, el filtro de membrana celulósica de 0,45 µm de diámetro de poro y se mezcla colocando primero una cama de Carbón activo intercalando con muestra. • Se prepara un blanco de Carbón activo y se somete al mismo tratamiento que las muestras • Se añade 25 ml de agua desionizada libre de CO₂ • Se deja reposar durante 2 horas. • Se filtra al vacío • Se repite la operación con 3 fracciones de 25 ml de agua libre de CO₂ para eliminar sulfatos presentes en la muestra. • Se desprecia el filtrado. • Se enjuaga el Kitasato con agua libre de CO₂, y se añade 5 ml de una solución de HCL 1:1 para evitar la carbonatación del Ba de los reactivos) • A continuación, se añade 25 ml de Reactivo A de Mehlich y se deja percolar durante 35 minutos para conseguir el 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Papel filtro ✓ Embudos ✓ Embudos Büchner ✓ Erlenmeyer ✓ Varilla de agitación ✓ Crisoles ✓ Vasos de precipitación ✓ filtro de membrana celulósica de 0,45 µm ✓ Kitasato <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Agua exenta de CO₂ ✓ Disolución A de Mehlich ✓ Disolución B de Mehlich ✓ Sulfato amónico 1N ✓ Ácido clorhídrico 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Mufla • Bomba de vacío

<p>ritmo de goteo continuo, de la siguiente forma:</p> <p>10 minutos con bomba cerrada</p> <p>5 minutos abierta</p> <p>5 minutos cerrada</p> <p>5 minutos abierta</p> <p>5 minutos cerrada</p> <p>5 minutos abierta (con bomba de vacío)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se añade 25 ml de reactivo B de Mehlich y se percola de la misma forma que con el reactivo B, los filtrados son recogidos en el mismo Kitasato. • Se lava 3 veces con agua libre de CO₂, el bucnar, 2 con 25 ml de agua y la última con 75 ml de agua libre de CO₂, recogiendo los líquidos percolados en el mismo Kitasato, esta filtración se realiza al vacío. • Colocar el filtrado resultante del proceso en un vaso de precipitación. • Calentar el vaso de precipitación en una plancha • Cuando estén próximos a ebullición se retira de la planta y se añade 15 ml de solución de sulfato de amonio 1 N para precipitar el Bario como sulfato de bario, y se deja la noche en reposo. • Los precipitados se filtran en embudos simples de vidrio sobre un Erlenmeyer con papel filtro para análisis cuantitativo de 110 u y se realizan lavados con agua acidificada (5m de HCl concentrado aforado a 1 L) por 3 veces consecutivas. • Se recoge el papel filtro con el precipitado resultante del proceso sobre un crisol previamente tarado y se lo 		
---	--	--

<p>cierra dentro del mismo con la ayuda de una pinza metálica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se incinera y calcina en mufla según la técnica establecida para compost a temperatura de 800°C por 30 minutos. • De la diferencia de pesos de sulfato de bario en el ensayo en el blanco y en el problema, se calcula la CIC, expresada en meq/100 g de muestra y se calcula con la fórmula establecida en el Excel. • Notas: todos los reactivos se preparan con agua libre de CO₂, que se obtiene hirviendo agua desionizada por 2 horas, comprobando que baje el volumen, la misma que se guarda en caliente en frascos plásticos. 		
--	--	--

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Digestión de muestras para análisis de metales pesados**

Tabla 14-3: Digestión de muestras de suelo y biomasa

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la muestra previamente homogénea, seca y tamizada, 2g con una exactitud de 0,0001 g. Registrar el peso para cálculos posteriores • Colocar la muestra en Erlenmeyer de digestión. • Agregar 10 ml de HNO₃ 1:1, mezclar y cubrir con un vidrio reloj. 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erlenmeyer de 250 ml. • Vidrio Reloj (lisos y rugosos). • Pipetas Automáticas de Volumen Variable y/o con sus respectivas puntas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Planchas de calentamiento o (Reverberos) • Cabina de extracción • Bomba de Vacío

<ul style="list-style-type: none"> • Calentar la muestra a $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y mantener en reflujo durante 10 a 15 minutos sin hervir. • Dejar que la muestra se enfríe y refrescar la muestra, agregando 5 ml de HNO_3 concentrado, colocar la tapa (vidrio reloj) y mantener en reflujo durante 30 minutos. • Si se generan humos castaños-marrones-oscuros, lo que indica la oxidación de la muestra por HNO_3, repetir este paso (añadir 5 ml de HNO_3 concentrado.) hasta que desaparezcan estos humos. • Evaporar la solución sin hervir hasta aproximadamente 5 ml o calentar sin hervir a $95^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ durante dos horas. • Dejar enfriar a temperatura ambiente y agregar 2 ml de agua y 3 ml H_2O_2 al 30%. Cubrir el Erlenmeyer o con un vidrio reloj y colocar el vaso cubierto a la fuente de calor, para empezar la reacción con el peróxido. • Continuar agregando H_2O_2 al 30% en alícuotas de 1ml, calentar hasta que la efervescencia sea mínima o hasta que la apariencia de la muestra general esté inalterada. • Continuar calentando la solución durante dos horas, hasta que la digestión ácido-peróxido 	<ul style="list-style-type: none"> • Pipetas Volumétricas de Vidrio de diferentes volúmenes con Propipeta (pera de succión). • Embudos de vidrio. • Balones aforados de diferentes volúmenes los necesarios para la preparación de reactivos y STD's • Papel filtro Whatman grado 41 • Filtro de Membrana de 47 mm y $0.45 \mu\text{m}$ de porosidad. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ácido Nítrico HNO_3 1:1 • Ácido Nítrico HNO_3 Concentrado • Ácido Clorhídrico HCl Concentrado • Peróxido de Hidrógeno 30% 	
--	--	--

<p>se haya reducido a aproximadamente 5 ml.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agregar 10 ml de HCl concentrado, cubra con el vidrio reloj y mantener en reflujo a 95°C durante 15 minutos. • Filtrar la solución por gravedad utilizando embudos de vidrio y papel filtro Whatman grado 41, para mejores resultados y de ser posible filtrar en un equipo de filtración al vacío a través membranas de acetato de celulosa de 0.45 µm. • Colectar el filtrado en un balón aforado y llevar un volumen conocido (50 o 100ml). • Analice en el equipo de Absorción Atómica 		
---	--	--

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 11-3: Digestión ácida de muestras de suelo y biomasa

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Extracción de Micronutrientes Asimilables en suelos (Cu, Mn, Fe y Zn)**

Tabla 15-3: Extracción de Micronutrientes

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la muestra previamente homogénea, seca y tamizada, 4 g con una exactitud de 0,0001 g. Registrar el peso para cálculos posteriores • Colocar la muestra en recipientes de volúmenes adecuados para la extracción los cuales pueden ser; (tubos de centrífuga y/o Erlenmeyer) • Adicionar a la muestra 40 ml de la solución extractora y agite por 20 minutos • Una vez terminada la agitación se puede centrifugar y posteriormente filtrar la muestra, evitando que el filtrado presente sólidos suspendidos y/o sedimentables. • El extracto obtenido será analizado por las diferentes técnicas analíticas disponibles se recomienda Absorción Atómica 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pipetas automáticas de volumen variable y/o con sus respectivas puntas. • Pipetas volumétricas de diferentes volúmenes con Propipeta (Pera de succión). • Embudos de vidrio • Balones Aforados • Papel filtro Whatman grado 41 • Filtro de Membrana de 47 mm y 0.45 μm de porosidad. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Solución extractora doble de ácido • Ácido Sulfúrico • Ácido Clorhídrico HCl 1M 	<ul style="list-style-type: none"> • Agitador • Centrífuga • Bomba de Vacío

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 12-3: Extracción de micronutrientes asimilables

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

- **Extracción de Macronutrientes Asimilables en suelos (Ca, Na, K, Mg)**

Tabla 16-3: Extracción de macronutrientes

Procedimiento	Materiales y reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la muestra previamente homogénea, seca y tamizada, 2 g con una exactitud de 0,0001 g. Registrar el peso para cálculos posteriores. • Colocar la muestra en recipientes de volúmenes adecuados para la extracción los cuales pueden ser (tubos de centrífuga y/o Erlenmeyer) • Adicionar a la muestra 50 ml de Acetato de Amonio 1M y agite por 20 minutos • Una vez terminada la agitación se puede centrifugar y posteriormente filtrar la muestra, evitando que el filtrado presente sólidos suspendidos y/o sedimentables. • El extracto obtenido será analizado por Absorción Atómica. 	<p>Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probeta de 50 o 100 ml para dosificar el volumen necesario. • Embudos de vidrio • Balones aforados de varios volúmenes. • Papel filtro Whatman grado 41 • Filtro de Membrana de 47 mm y 0.45 μm de porosidad. <p>Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Acetato de Amonio 	<ul style="list-style-type: none"> • Agitador • Centrífuga • Bomba de Vacío

Fuente: (GAIBAQ, 2023).

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.



Ilustración 13-3: Extracción de Macronutrientes Asimilables

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis de encuestas

Se emplearon un total de 200 encuestas a los comuneros del cantón Guamote, con el objetivo de identificar las zonas más afectadas por la caída de ceniza del volcán Sangay.

4.1.1. Sector agrícola

4.1.1.1. Sección: Socioeconomía

Pregunta 1. Número de integrantes de la familia

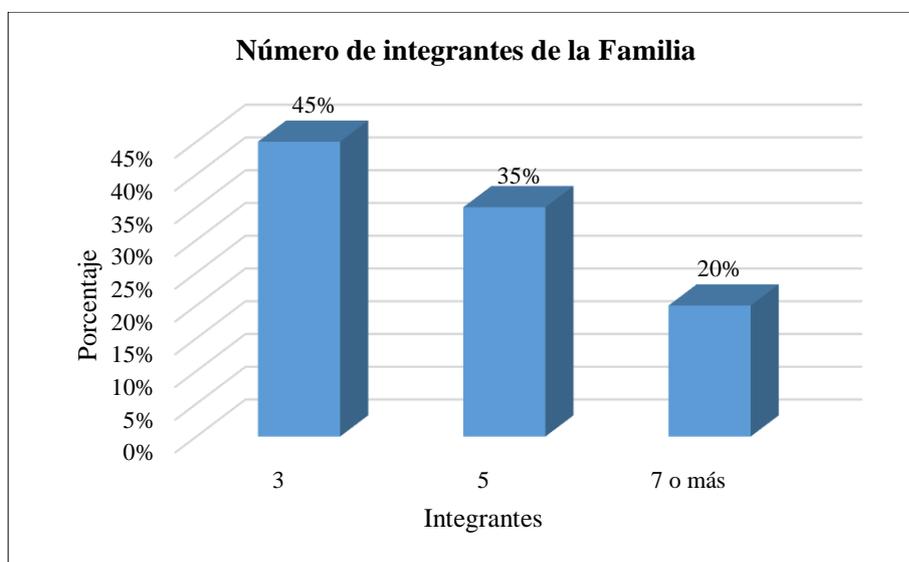


Ilustración 1-4: Número de integrantes de las familias del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 45% de personas encuestadas en el cantón Guamote mencionan que sus familias están integradas por 3 personas, el 35% por 5 y el 20% por 7 o más.

Pregunta 2. ¿Qué produce?

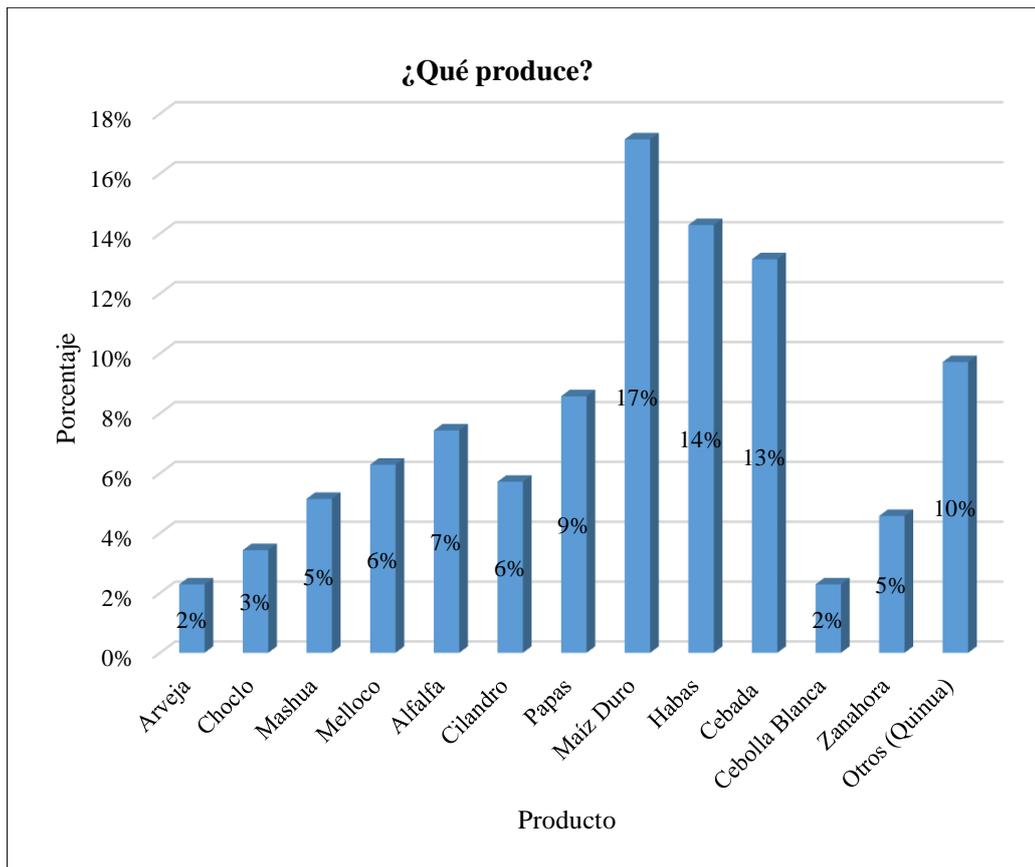


Ilustración 2-4: ¿Qué producto produce en los suelos en el cantón Guamote?

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

Los cultivos de mayor abundancia en el cantón Guamote son: 17% Maíz Duro, 14% Habas y 13% Cebada.

Pregunta 3. Número de hectáreas o solares utilizadas para el cultivo

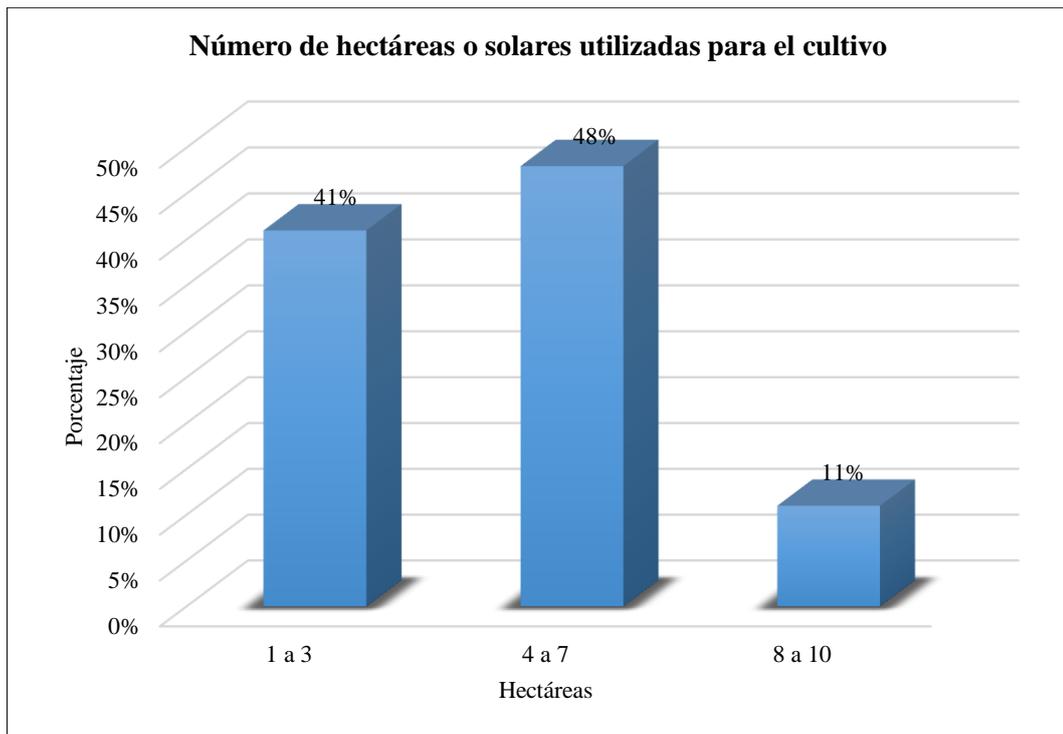


Ilustración 3-4: Número de hectáreas destinadas para el cultivo en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 48% de personas encuestadas en el cantón Guamote mencionan que destinan de 4 a 7 hectáreas para sus cultivos; el 41% de 1 a 3 hectáreas y 11% de 8 a 10 hectáreas.

Pregunta 4. El tipo de cultivo es:

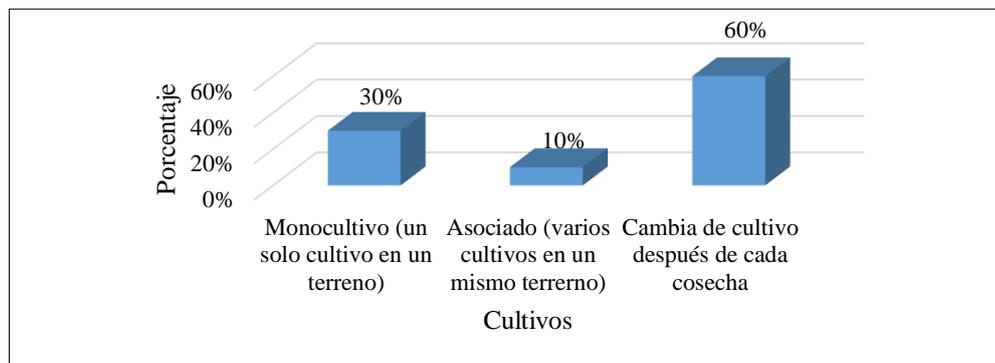


Ilustración 4-4: El tipo de cultivo en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 60% de los encuestados mencionan que cambian de cultivo después de cada cosecha, esto garantiza un mejor manejo del suelo; el 30% posee un solo cultivo por terreno y el 10% varios cultivos.

Pregunta 5. Aproximadamente, ¿Cuántos quintales produce en una cosecha?

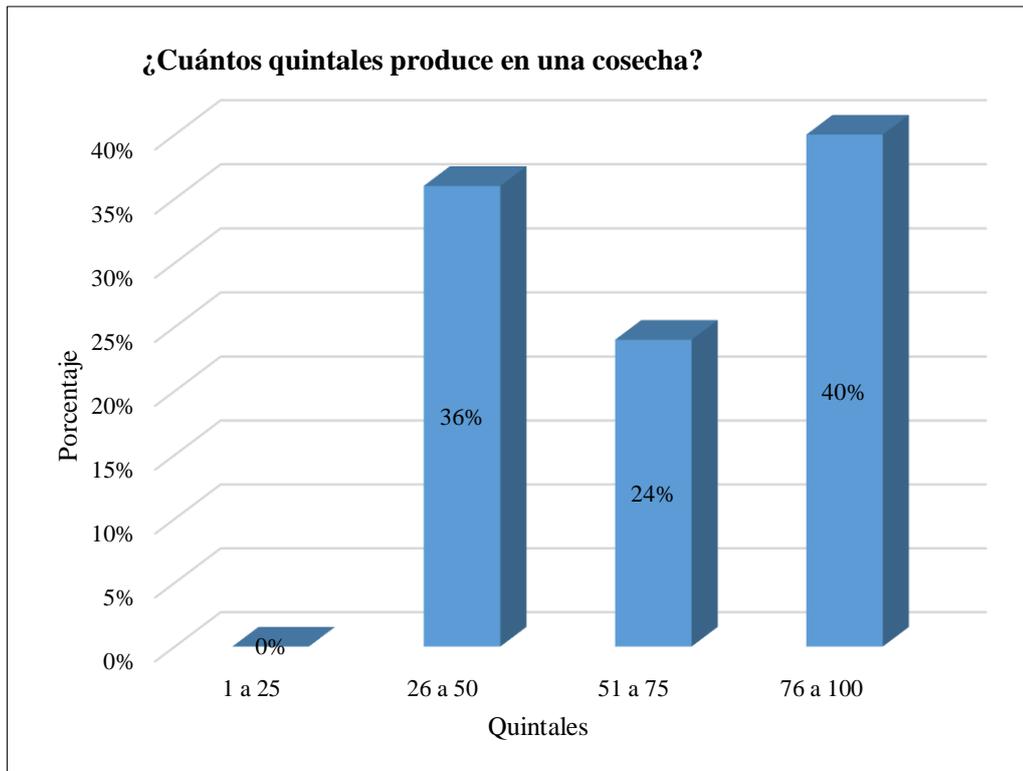


Ilustración 5-4: Cuántos quintales produce en una cosecha de los suelos de Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 40% de personas del cantón Guamote producen de 76 a 100 quintales de cosecha; 24% de 51 a 75 y el 36% de 26 a 50. La gran parte de las cosechas fueron perdidas por la caída de ceniza.

Pregunta 6. Aproximadamente, ¿Cuánto dinero obtiene en una cosecha?

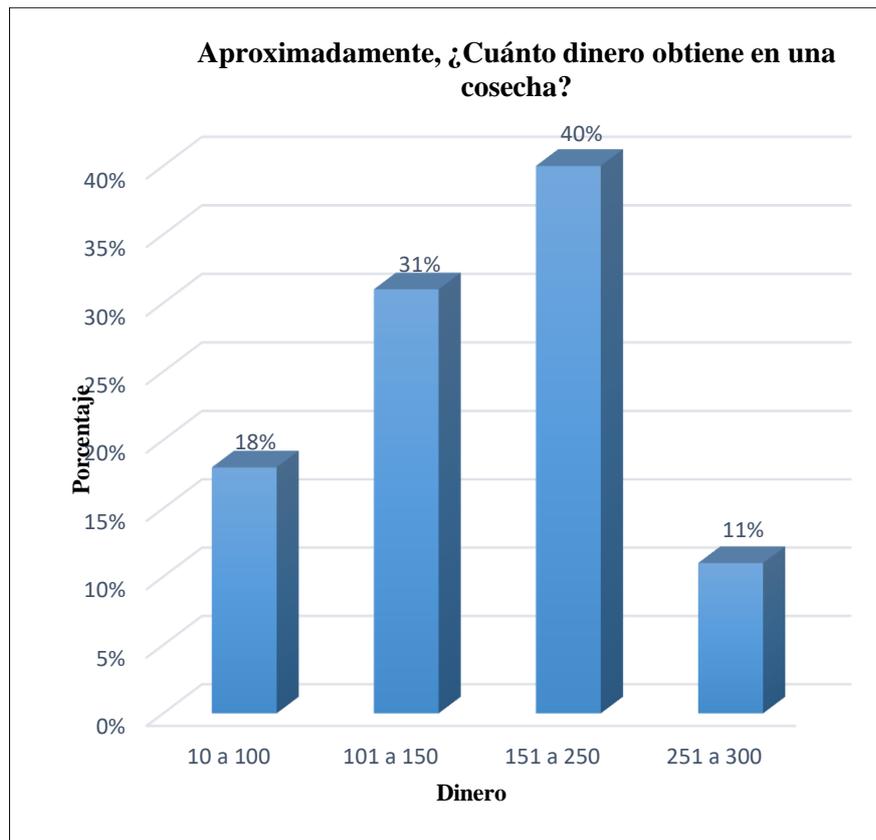


Ilustración 6-4: Dinero obtenido por las cosechas en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 40% de encuestados de Guamote mencionan que obtienen un ingreso de 151 a 250 dólares por cada cosecha, anteriormente este valor superaba los 300 dólares, sin embargo, las pérdidas de cultivo y la reducción de calidad los ingresos se vieron afectados. Tan solo el 11% de los encuestados mantienen el margen de ganancias iniciales de 251 – 300 dólares.

4.1.1.2. Sección: fertilizantes y plaguicidas

Pregunta 7. ¿Utiliza fertilizantes y pesticidas en los cultivos?

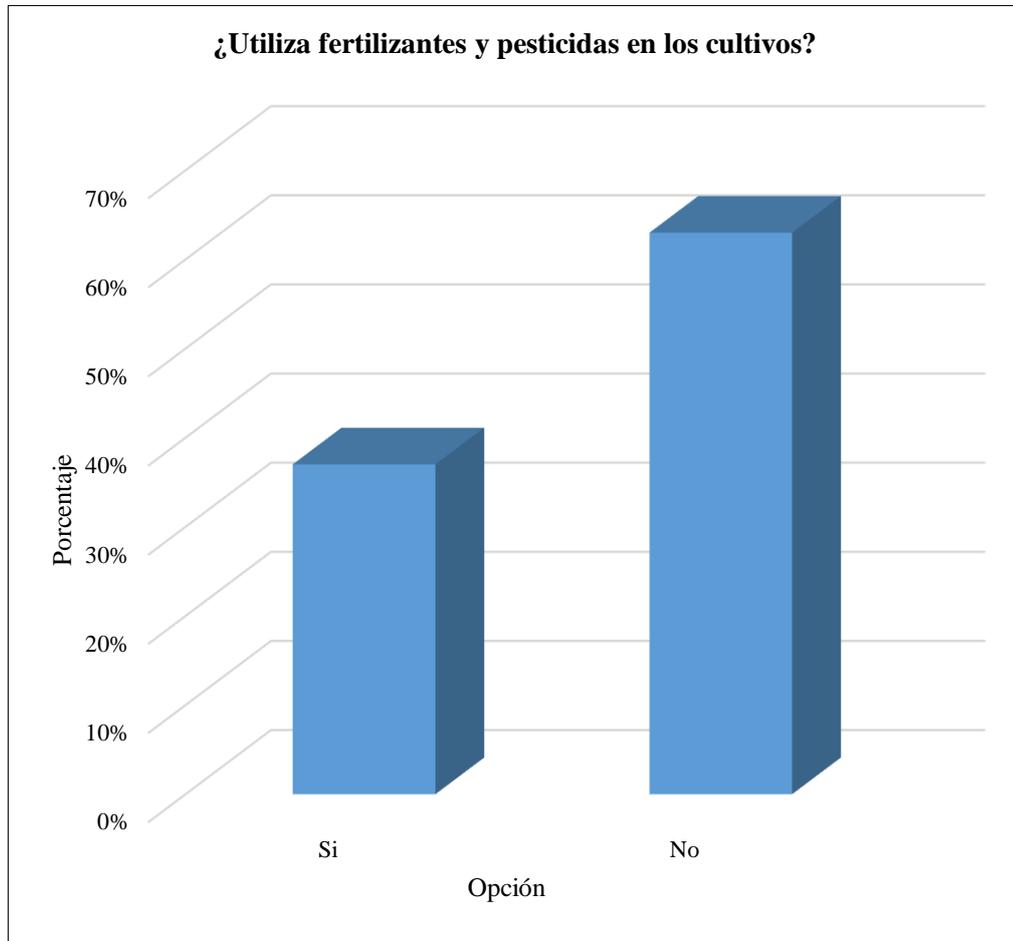


Ilustración 7-4: Uso de fertilizantes y pesticidas en los cultivos del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 63% de agricultores de Guamote no utilizan fertilizantes o pesticidas en sus cultivos, mientras que el 37% de ellos si los utilizan con el fin de prevenir plagas y mejorar los nutrientes de sus cosechas.

Pregunta 8. ¿Cuál tipo de plaguicida cree que usted utiliza con más frecuencia en sus cultivos?

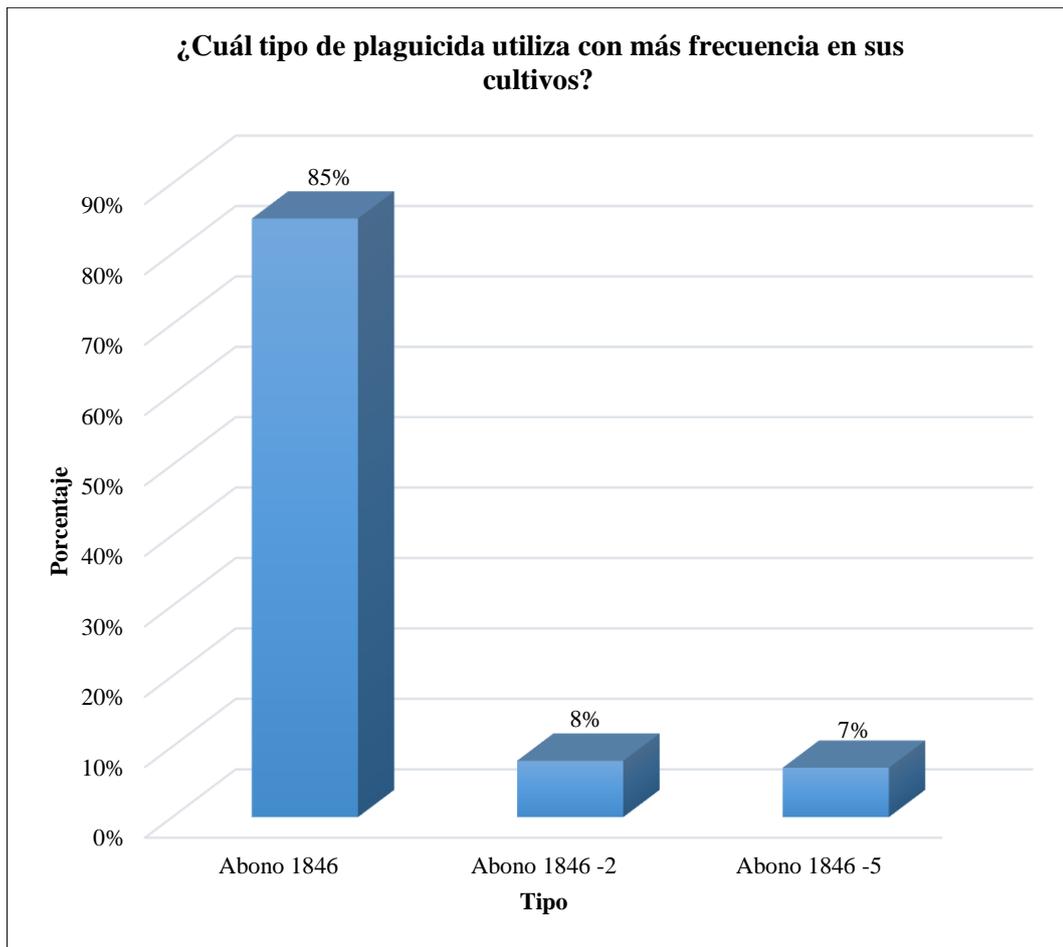


Ilustración 8-4: Tipo de plaguicida usado con más frecuencia en cultivos de Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 85% de encuestados de Guamote mencionan que utilizan el Abono 1846 como principal plaguicida para sus cultivos, también es conocido como abono Fosfato diamónico; el 8% utiliza el abono 1846-2 y 7% el abono 1846-5.

Pregunta 9. ¿Cuál Sello de Plaguicida utiliza en sus cultivos?

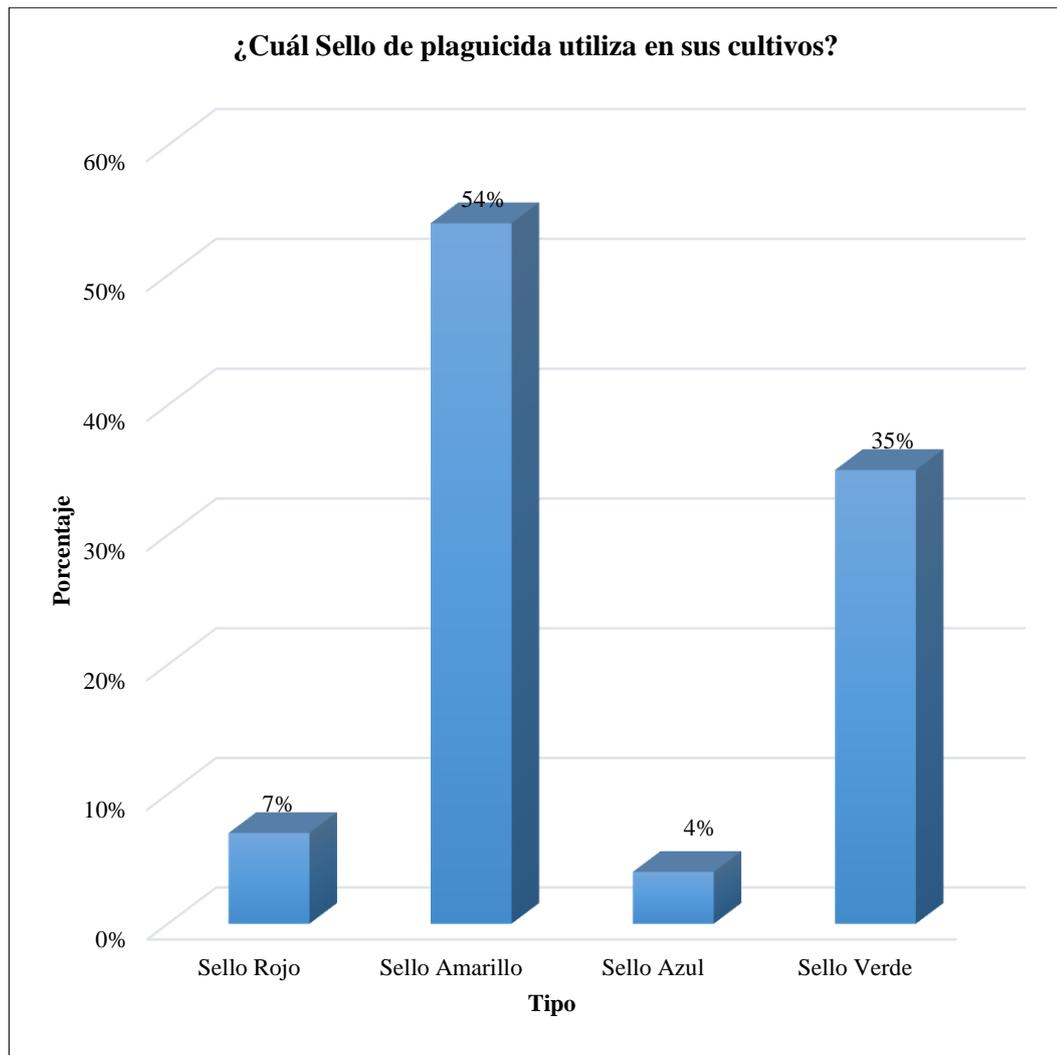


Ilustración 9-4: Sellos de plaguicidas usados por los agricultores del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 54% de los encuestados utilizan plaguicidas de sello amarillo, categorizados como nocivos; el 35% utilizan sello verde categorizados como no peligrosos; 7% utilizan sello rojo categorizado como altamente tóxico y 4% sello azul categorizado como preventivos.

Pregunta 10. ¿Le brindan asesoramiento técnico?

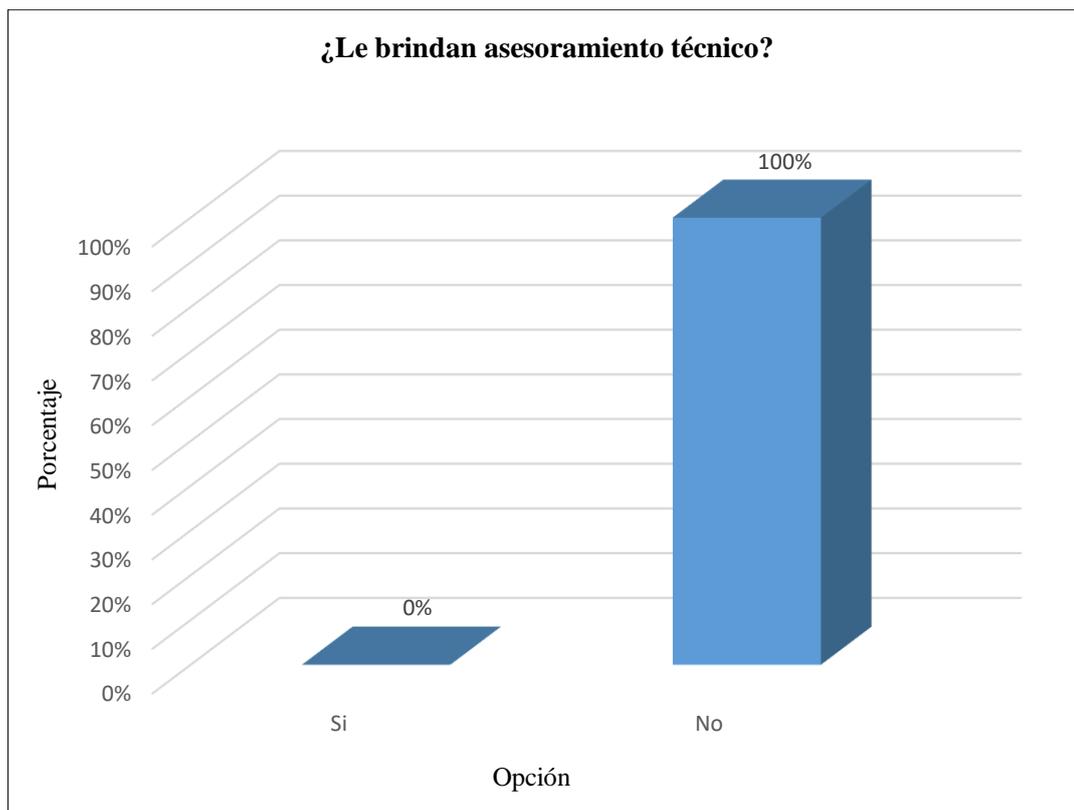


Ilustración 10-4: Asesoramiento técnico a los agricultores del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 100% de los encuestados mencionan que reciben asesoramiento técnico para el uso y control de plaguicidas en sus cultivos.

Pregunta 11. ¿Qué tipo de fertilizante utiliza?

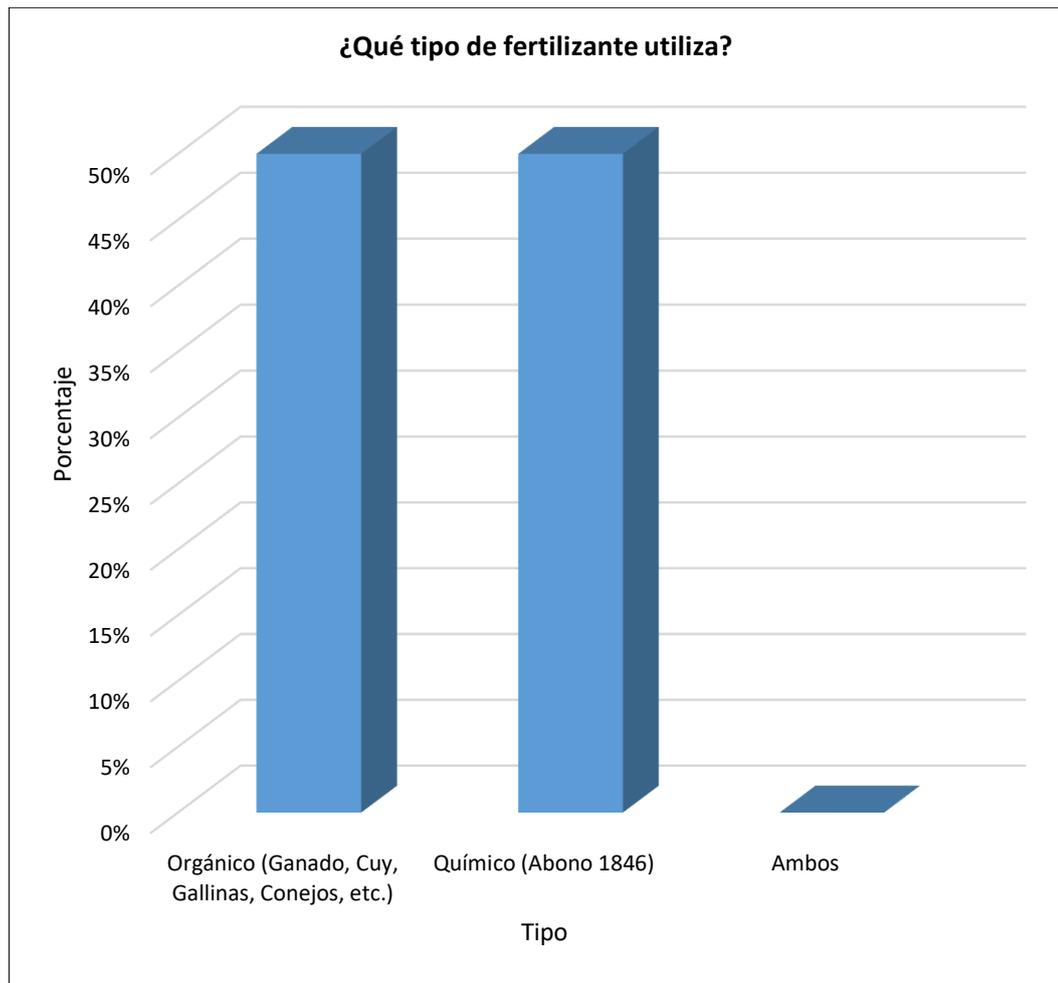


Ilustración 11-4: Fertilizante utilizado en los cultivos del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 50% de los encuestados mencionan que utilizan abono orgánico recolectado de los desechos de sus animales, el 50% utilizan abonos químicos.

Pregunta 12. ¿Cada que tiempo fertiliza el cultivo?

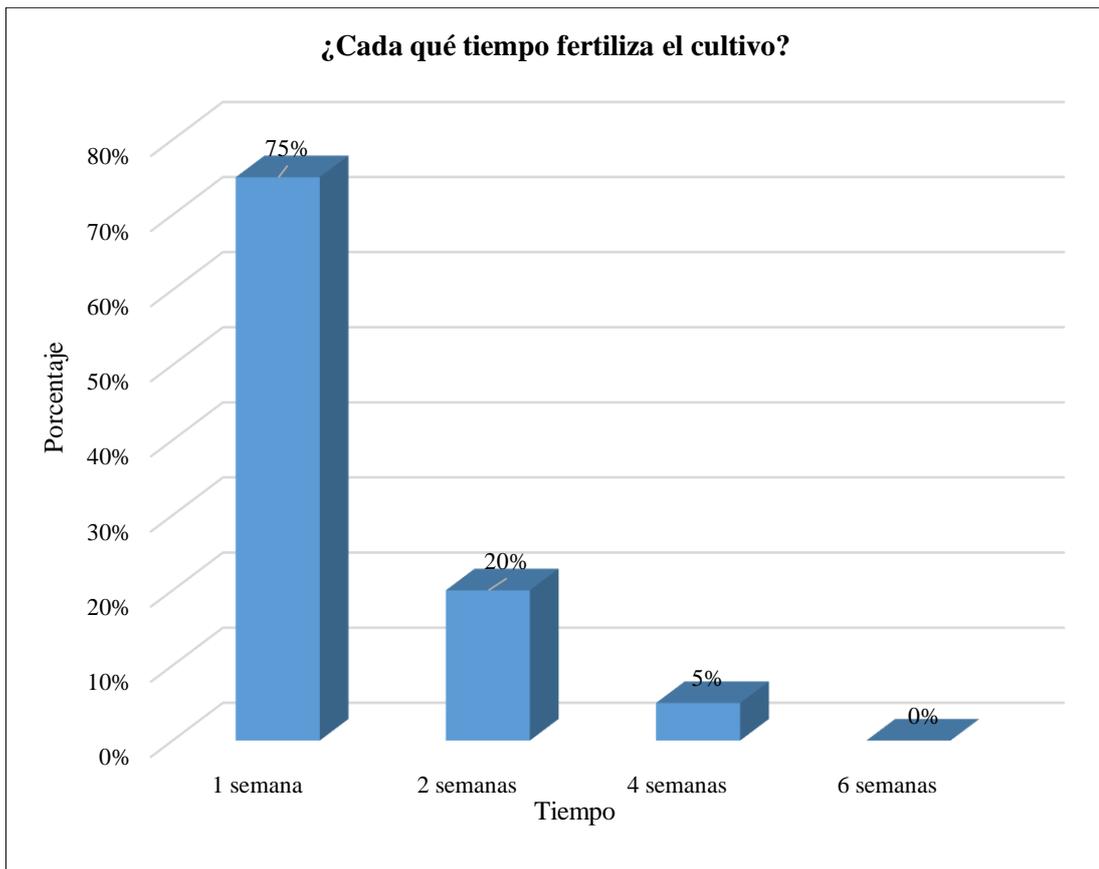


Ilustración 12-4: Frecuencia con la que fertilizan los cultivos del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 75% de encuestados mencionan que fertilizan sus cultivos 1 vez por semana, en su gran mayoría con fertilizantes orgánicos garantizando una mejor productividad sin afecciones del suelo, el 20% cada 2 semanas y 5% cada mes.

Pregunta 13. Tiempo que mantiene almacenado sus fertilizantes o abonos

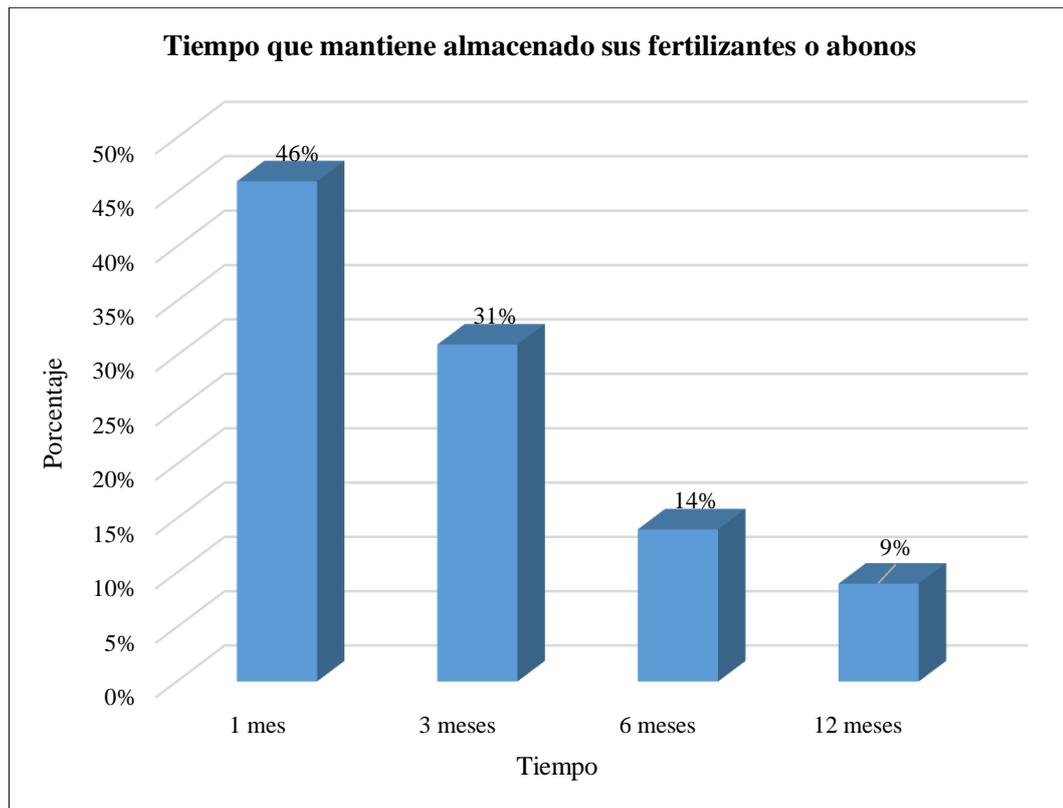


Ilustración 13-4: Tiempo que se mantiene almacenado los fertilizantes o abonos en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 46% de encuestados aseguran que mantienen almacenado sus abonos y fertilizantes en tiempo máximo de 1 mes, pasado ese tiempo los renuevan, el 31% los almacenan 3 meses, 14% 6 meses y 9% 12 meses. El almacenamiento de cada uno de ellos debe ser gestionado por el agricultor para evitar pérdidas.

Pregunta 14. ¿Qué tipo de pesticida utiliza?

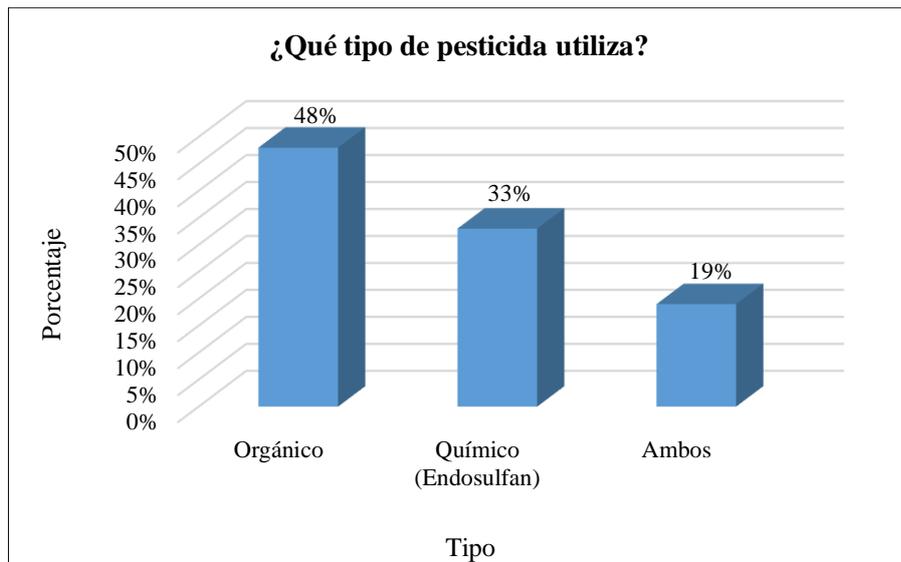


Ilustración 14-4: Tipo de pesticida utilizado en los cultivos de Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 48% de los encuestados usan pesticidas de tipo orgánico, el 33% utiliza Endosulfan (insecticida y acaricida organoclorado); y el 19% utiliza los dos tipos de pesticida.

Pregunta 15. ¿Cada que tiempo fumiga el cultivo?

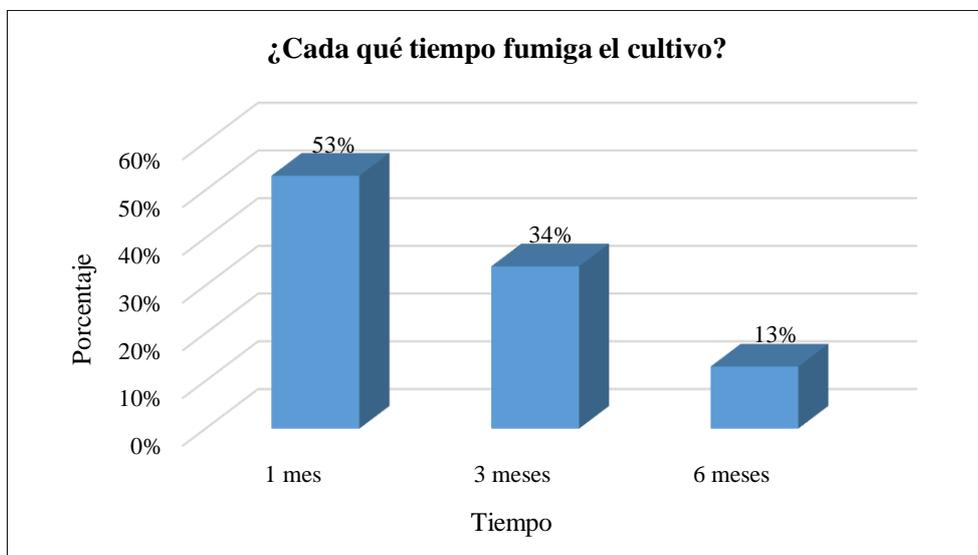


Ilustración 15-4: Intervalo de fumigación en los cultivos de Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 53% de los encuestados mencionan fumigar 1 vez cada mes, el 34% cada 3 meses y 13% cada 6 meses. La gran parte de ellos utilizan Endosulfan diluido para evitar ser nocivo para sus cultivos.

Pregunta 16. Tiempo que mantiene almacenado sus pesticidas

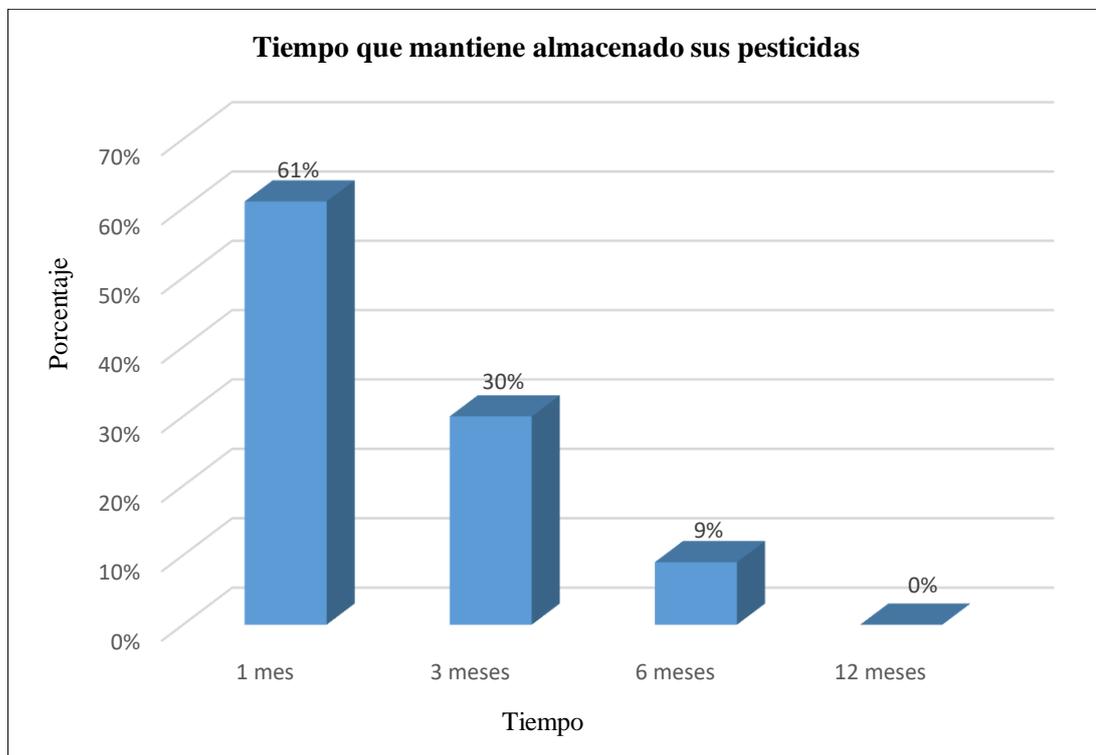


Ilustración 16-4: Tiempo que mantienen almacenado los pesticidas en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 61% de los encuestados mencionan almacenar sus pesticidas con un límite máximo de 1 mes, pasado este tiempo los desechan, el 30% con un tiempo de 3 meses, el 9% 6 meses y ninguno de ellos lo almacena por más de 12 meses ya que incrementa su toxicidad.

4.1.1.3. Sección: Residuos agrícolas

Pregunta 17. ¿Qué residuo genera su cultivo?

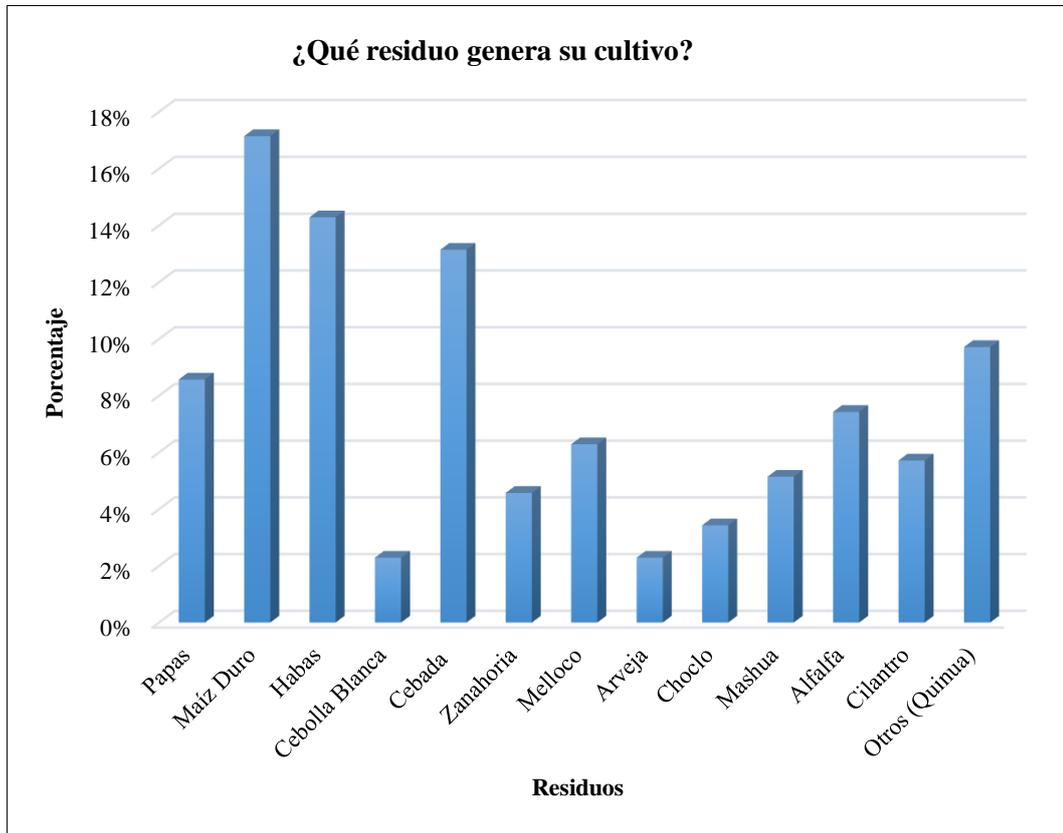


Ilustración 17-4: Residuos generados en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

La mayor parte de residuos orgánicos generados en el cantón Guamote son por cultivos de maíz duro, habas, papas, quinua, alfalfa y melloco.

Pregunta 18. ¿Qué hace con los residuos al final de la cosecha?

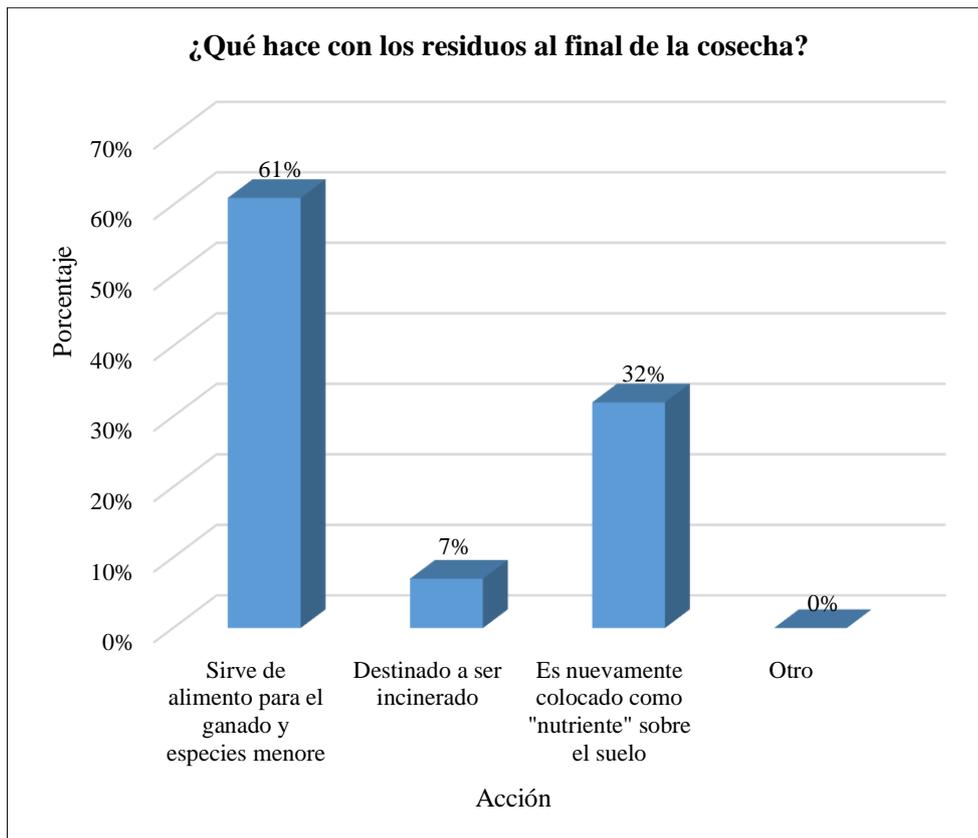


Ilustración 18-4: Destino de residuos después de cosecha en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 61% de los encuestados mencionan que los residuos de las cosechas lo destinan como alimento para su ganado y cuyes. El 32% lo utilizan como abono orgánico y el 7% lo incineran.

Pregunta 19. ¿Considera ud como residuo aquellos productos que por su mal estado no pueden ser destinados a la venta?

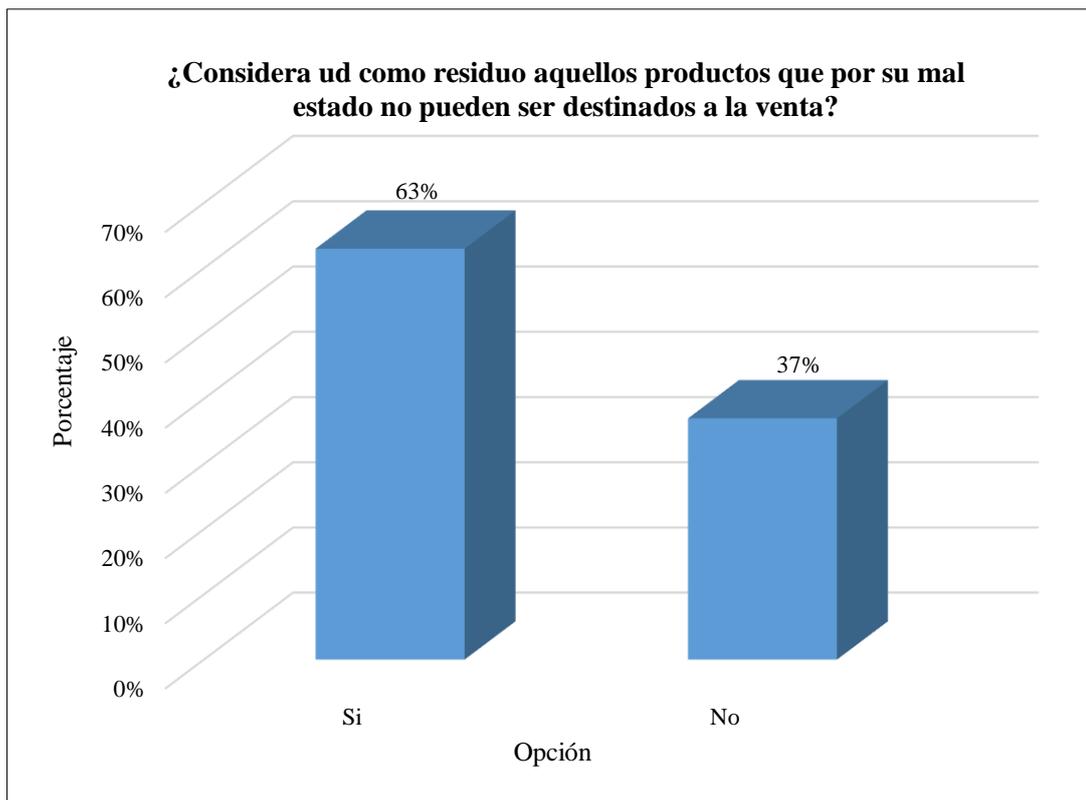


Ilustración 19-4: Productos en mal estado no pueden salir a la venta en el cantón Guamate

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 63% de los encuestados consideran que los residuos son productos en mal estado, el 37% considera que no son residuos.

Pregunta 20. ¿Qué hace con los productos que no pueden ser vendidos en el mercado?

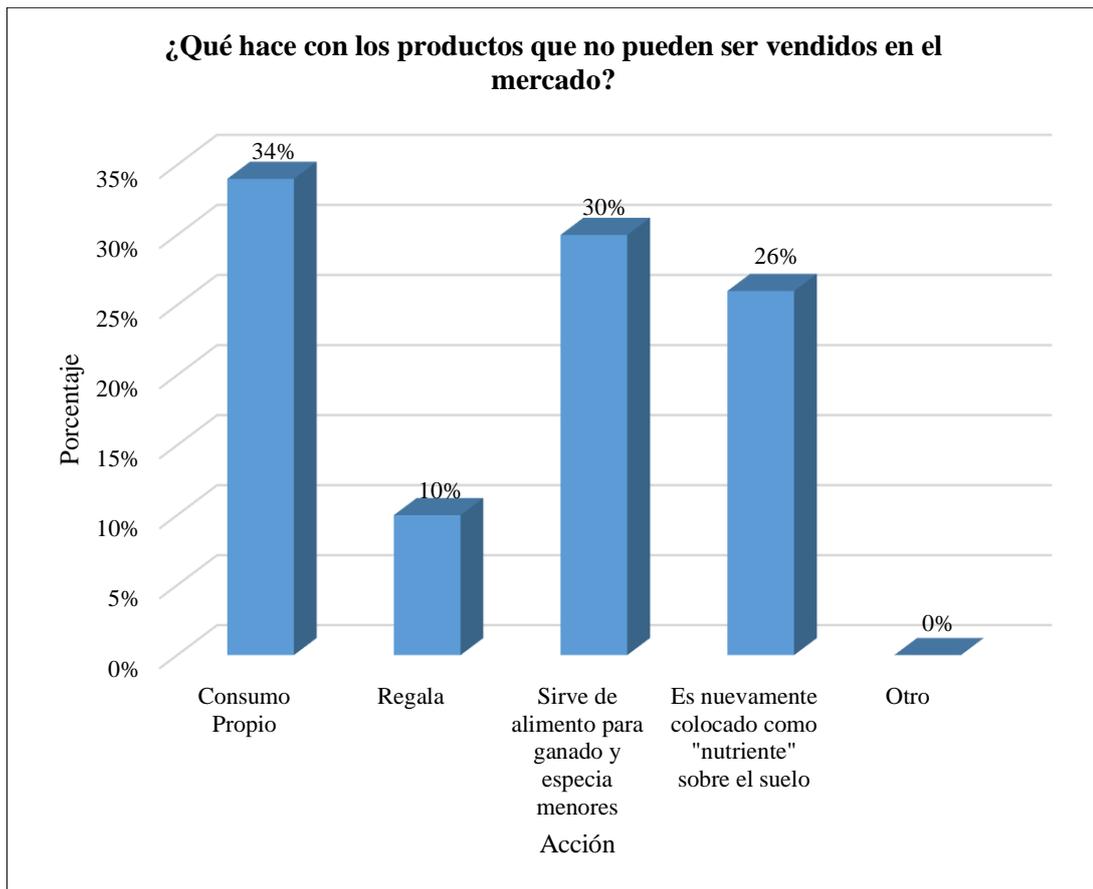


Ilustración 20-4: Destino de productos no vendidos en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 34% de agricultores ocupan los productos no vendidos para consumo propio, el 30% para alimentar a su ganado, el 26% lo utilizan como abono orgánico para sus cultivos y el 10% lo regala a familiares y amigos para evitar pérdida de producto.

4.1.1.4. Sección: Riego de cultivo

Pregunta 21. ¿Utiliza agua de riego?

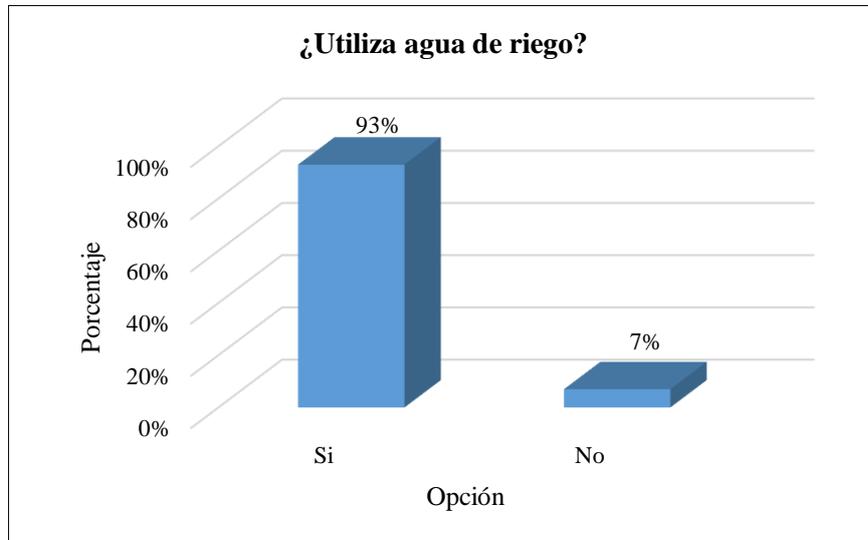


Ilustración 21-4: Uso del agua de riego en los cultivos de Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 93% de los agricultores ocupan agua de riego para sus cultivos, para garantizar una mejor disponibilidad de nutrientes al terreno, el 7% no ocupa agua de riego.

Pregunta 22. ¿De dónde proviene el agua de riego?

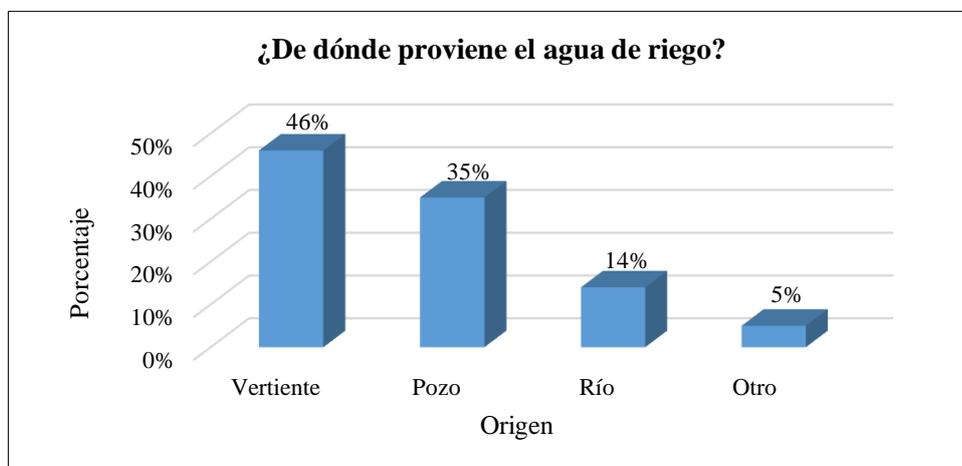


Ilustración 22-4: Origen del agua de riego en el cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 46% de los encuestados mencionan que el agua es proveniente de las vertientes de las montañas, el 35% de agua de pozo, 14% de agua de río y el 5% de otra fuente (agua de lluvia).

Pregunta 23. ¿Utiliza un sistema de riego?

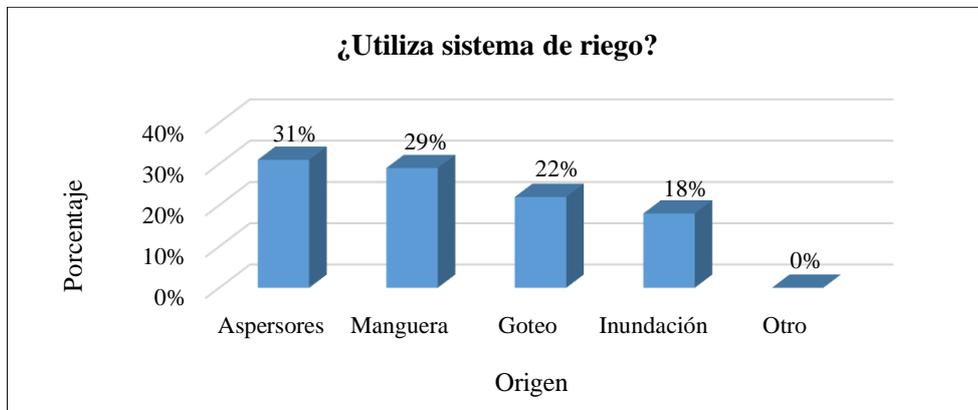


Ilustración 23-4: Uso de sistemas de riego en los cultivos del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Análisis:

El 31% de agricultores ocupan aspersores, el 29% mangueras, el 22% por goteo y el 18% por inundación, cada sistema de riego es eficiente, sin embargo, algunos de ellos necesitan de una mayor inversión siendo el sistema de aspersión.

Pregunta 24. ¿Cada que tiempo riega su cultivo?

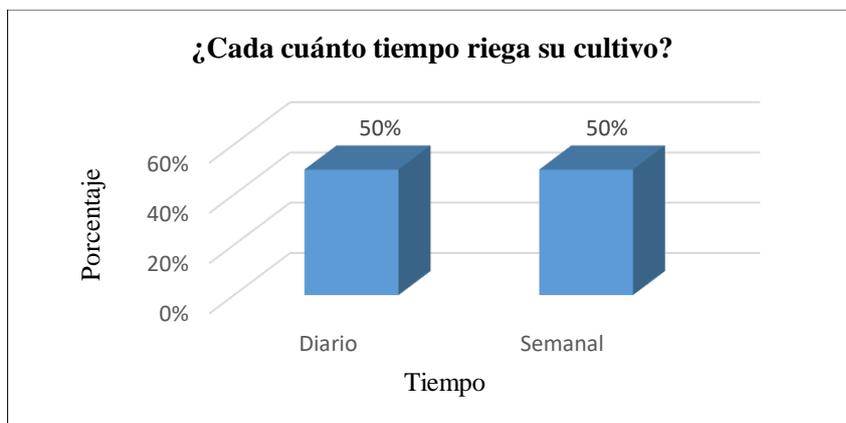


Ilustración 24-4: Período de riego en los cultivos del cantón Guamote

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

4.2.2. Identificación de los puntos de muestreo

Los puntos de muestreo se identificaron gracias a los cuestionarios empleados en cada una de las comunidades, así como también a la observación directa y revisión de antecedentes. Se identificó un total de 15 puntos de muestreo, ubicados entre las parroquias de Palmira, Cebadas y Cabecera Cantonal: seleccionándose 5 puntos de muestreo entre cada una de estas parroquias.

Tabla 1-4: Puntos de muestreo de la zona de estudio

Cantón Guamote		COORDENADAS GEOGRÁFICAS			
Parroquia	Sector de Muestreo	Latitud	Longitud	Coordenadas UTM	Altitud
	San José de Sabalog	-1,92091888133312	-78,728603197114	17 M 752675 9787512	3245 m.s.n.m.
	San Pedro de Ayacón	-1,94728798565504	-78,701524092560	17 M 755685 978459	3503 m.s.n.m.
Cebadas	Cabecera	-1,91229656709049	-78,643397950699	17 M 762160 9788453	3051 m.s.n.m.
	Ichubamba	-1,94105893402435	-78,635964393086	17 M 762983 9785270	3023 m.s.n.m.
Palmira	Palmira Davalos	-2,06348988683737	-78,741319937705	17 M 751238 9771743	3255 m.s.n.m.
	Pull Chico	-2,00112190163257	-78,787420473395	17 M 746117 9778649	3699 m.s.n.m.
	Pull Quishuar	-1,97934717359805	-78,790154103929	17 M 745816 9781058	3665 m.s.n.m.

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

4.2.3. Descripción del medio abiótico

4.2.3.1. Calidad y uso del suelo del cantón Guamote

La identificación del suelo representa las unidades de clasificación taxonómica de la Soils Taxonomy USDA, 1975. Los suelos se clasifican en Grupos, subdivisión realizada de acuerdo con la clase, disposición de los horizontes, humedad y temperatura, entre algunas otras características.

Las clases II, III y IV en total suman los 2,79 % consideradas aptas para la agricultura y otros usos

Tabla 2-4: Superficie y porcentaje de CUT (Capacidad de uso de las tierras), cantón Guamote

CLASES DE CAPACIDAD DE USO DE LAS TIERRAS								Tierras Miscelá n	No aplicable	Total, Cantonal
Clase	II	III	IV	V	VI	VII	VIII			
Superficie (ha)	407,98	1445,03	1419,67	725,22	15080,86	17313,19	71275,37	4025	5634,49	117327,60
Total (%)	0,35	1,23	1,21	0,62	12,85	14,76	60,75	3,43	4,80	100,00

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

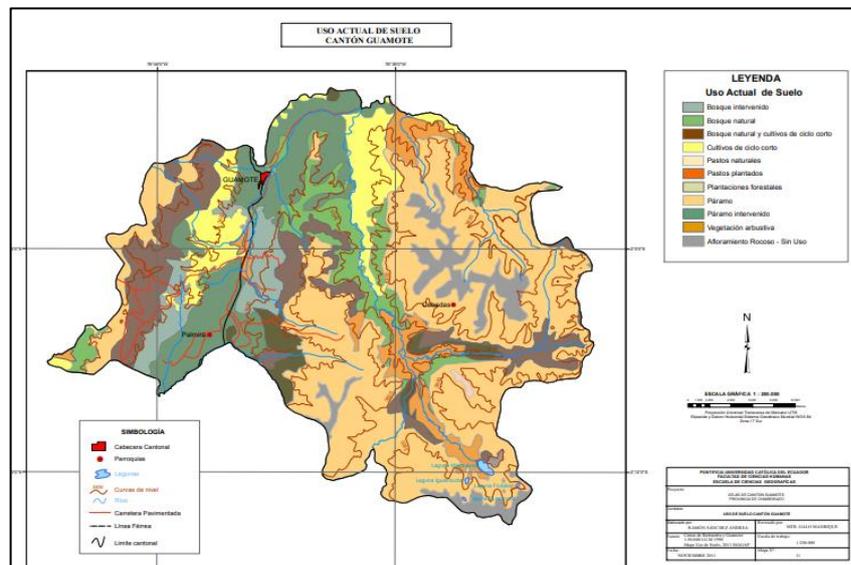


Ilustración 27-4: Uso actual del suelo del cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.2.4. Calidad y uso del agua del cantón Guamote

4.2.4.1. Hidrología del cantón Guamote

El cantón Guamote posee una gran variedad de cuencas y microcuencas enriquecidas por los ríos Guayas, Yaguachi, Chambo, Pastaza, Upano, Palora, y Santiago. Detalladas en la tabla 27-1.

Tabla 3-4: Hidrología del cantón Guamote

Sistema	Cuenca	Subcuenca	Área (ha)	Microcuenca	Área (ha)
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi	20901.97072	Drenajes Menores	11.555561
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		R. Coco	176.485271
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		Q. San Francisco	5478.89133
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		R. Pomachaca	11642.4294
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		R. Citado	2121.93987
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		Q. Chalhuayacu	1362.66659
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		Q. Conventillo	53.636697
Guayas	Río Guayas	Río Yaguachi		Q. Huegra Corral	54.365898
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo	95890.8796	Drenajes Menores	25506.6477
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Compuene	7.06385
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Pelucate	7.634827
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		R. Llinilin	14.663376
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		R. Huarqualla	13732.8736
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Chita Huaycu	1510.50453
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Tío Cajas	
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Bodega Grande	5104.13248
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Curihuaycu	1119.24084
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Cachihuaycu	1515.65961
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Pucarrumi	1154.57016
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Pancun	3495.61760
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Yerbabuena	2625.91095

Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		R. Yasipan	1299.08861
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Letrahuaycu	14956.7121
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Chilcayacu	5648.31407
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Timbohuaycu	1330.89420
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		R. El Tingo	1860.18167
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Capahuaycu	3857.78305
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		R. Atillo	1504.58628
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		Q. Lillac	9075.97890
Pastaza	Río Pastaza	Río Chambo		R. Osogoche	20.416291
Pastaza	Río Pastaza	Río Palora	60.938471	R. Culebrillas	542.404761
Pastaza	Río Pastaza	Río Palora		R. Yuracpaccha	60.904694
Santiago	Río Santiago	Río Upano	473.816291	R. Anguchaca	0.033777
Santiago	Río Santiago	Río Upano		R. Tugle	14.589416
Santiago	Río Santiago	Río Upano		R. Upano	0.117052
Santiago	Río Santiago	Río Upano		R. Abanico	0.668872

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

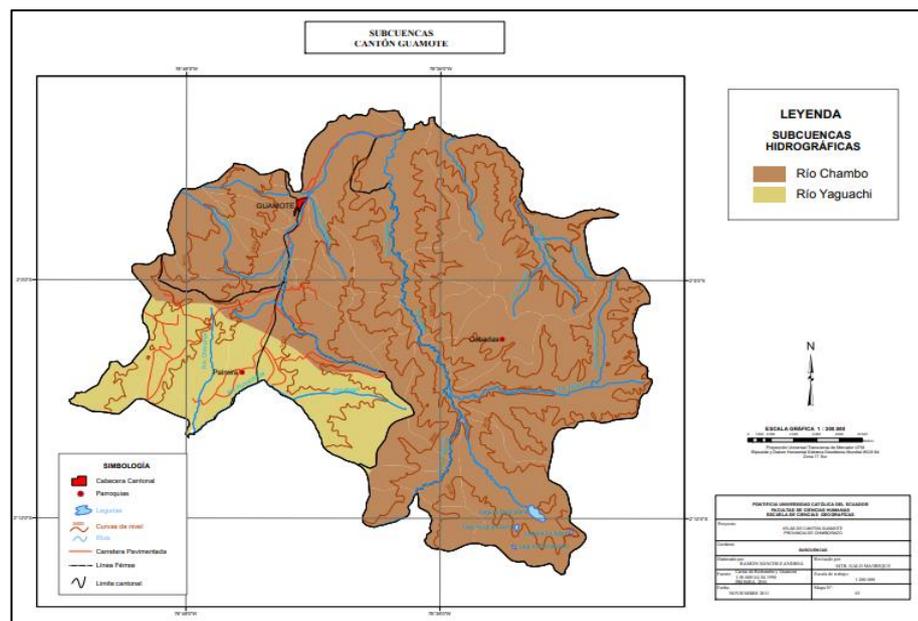


Ilustración 28-4: Subcuencas del cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.2.4.2. Calidad del agua del cantón Guamote

La calidad de agua del cantón Guamote es considerada como buena ya que los parámetros químicos y físicos se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en la normativa de agua, NTE INEN 1108, los parámetros microbiológicos y los límites máximos permisibles para el consumo humano y de uso doméstico cumplen con los requisitos según el Texto Único de Legislación Ambiental Secundaria del Ecuador, libro 6 Anexo 1, Tabla 2.

Tabla 4-4: Calidad de agua de los ríos del cantón Guamote

Datos de Calidad del agua								
Ríos	T° agua a °C	pH	Conductividad $\mu\text{S}/\text{cm}$	TDS mg/L	OD mg/L	Nitratos mg/L	Amonio mg/L	DBO mg/L
Columbe	13	7,16	209	145	9,86	0,01	0,09	8,28
Guamote	13,8	7,29	321	219	7,13	0	0,14	12,50
Chipo	13,6	7,23	674	470	9,5	0,01	0,01	6,79
Cebadas	16,5	7,34	148,5	103,8	10,11	5	0,02	4,38
Yasipán	8,8	7,28	79	53,6	11,1	0,01	0,02	2,58
Atillo	11	7,35	32,5	28,4	9,95	0,01	0,01	23,31
Osogoche	10,2	7,1	58,2	40,5	10,67	0,01	0,01	12,41

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

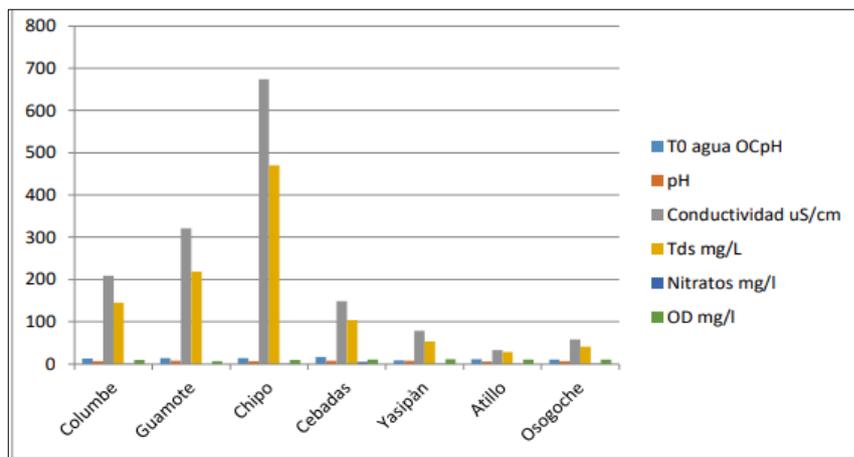


Ilustración 29-4: Calidad del agua de los ríos del cantón Guamote

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

4.2.4.3. Características bacteriológicas

De acuerdo con (Maurisaca, 2011), en su estudio estadístico de la calidad de agua para consumo humano, tomado de 305 muestras de la matriz, cebadas y palmira del cantón Guamote; no se reportaron coliformes totales ni fecales por lo tanto el agua para consumo doméstico está libre de este parámetro, además en su estudio menciona que la presencia de coliformes fecales y totales está lejos de presentar valores positivos gracias al mejoramiento de la distribución de agua potable en dicho cantón.

Tabla 5-4: Características bacteriológicas de las muestras de agua tomadas de redes de distribución y tanques de reserva del cantón Guamote

Sistema Agua Potable	Parroquia	Localidad	Coliformes Totales	Coliformes Fecales
Regional	Matriz	San Miguel y San Antonio de Encalada	---	Ausencia
Red de Distribución Escuela Patria	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Junta Parroquial	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Gasolinera Panamericana Sur	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución CDH	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución Escuela Patria	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Junta Parroquial	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia

Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Gasolinera Panamericana Sur	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución CDH	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución Escuela Patria	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Junta Parroquial	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Gasolinera Panamericana Sur	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución CDH	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución de Mercado Central	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Junta Parroquial	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Gasolinera Panamericana Sur	Matriz	Cabecera Cantonal	0,00	Ausencia
Red de Distribución CDH	Matriz	Cabecera Cantonal	0,00	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	0,00	Ausencia

Red de Distribución Mercado Central	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Vivienda	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Gasolinera Panamericana Sur	Matriz	Cabecera Cantonal	0,00	Ausencia
Red de Distribución CDH	Matriz	Cabecera Cantonal	0,00	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	0,00	Ausencia
Red de Distribución Mercado Central	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Junta Parroquial	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Gasolinera Panamericana Sur	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución Empresa Eléctrica	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Matriz	Cabecera Cantonal	---	Ausencia
Red de Distribución de Mercado Central	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Cebadas	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Regional Sistema Sarchupa Guardería Centro Tres	Palmira	San Miguel de Pomachaca	---	Ausencia

Regional Sistema Sarchupa Tanque de Reserva	Palmira	San Miguel de Pomachaca	---	Ausencia
Red de Vivienda punto extremo	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Red de Distribución Subcentro de Salud	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia
Tanque de Reserva	Palmira	Cabecera Parroquial	---	Ausencia

Fuente: (Maurisaca, 2011).

4.2.4.4. Calidad del aire del cantón Guamote

El cantón Guamote presenta zonas urbanas y rurales. En la zona netamente urbana, existe gran afluencia vehicular, especialmente los jueves debido a su feria muy reconocida a nivel de la provincia. Este hecho, aparentemente provoca que exista concentración de gases y material particulado en la cabecera cantonal. No existen fuentes fijas significativas en el cantón (GUAMOTE, 2013).

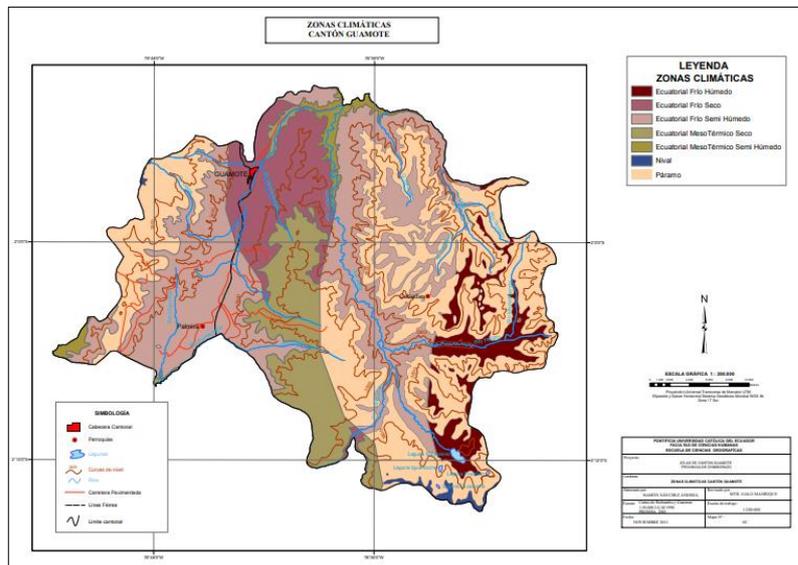


Ilustración 30-4: Zonas climáticas del cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.3. Descripción del medio biótico

4.3.1. Flora y fauna del cantón Guamote

4.3.1.1. Flora del cantón Guamote

El cantón Guamote está conformado por una gran variedad de especies vegetales de tipo arbóreo (A) y especies herbáceas (H), que comprenden una gran parte del territorio de Cebadas, Palmira y la Matriz.

Tabla 6-4: Flora del cantón Guamote

<i>Nombre Común</i>	<i>Nombre Científico</i>	<i>Especie</i>
Paja	<i>Calamagrotis intemedia</i>	A
Cola de caballo	<i>Equisetum arvense L.</i>	H
Tipo	<i>Bistropogon mollis</i>	A
Oreja de venado	<i>Clusia salvinii</i>	A
Yagual	<i>Polylepis reticulata</i>	A
Gramalote	<i>Panicum maximum</i>	H
Hierba buena	<i>Mentha longifolia</i>	H
Berro	<i>Cardamine nasturtioides</i>	H
Chuquiragua	<i>Chuquiragua insignis</i>	A
Arrayán	<i>Eugenia spp.</i>	A
Lengua de vaca	<i>Rumex crispus</i>	H
Trébol	<i>Trifolium sp</i>	H
Puma maqui	<i>Cassia canescens</i>	A
Totora	<i>Scirpus californicus</i>	A
Sigze	<i>Cortaderia nitida</i>	A
Topillo	<i>Microtus duodecimcostatus</i>	A
Alverjilla	<i>Lathyrus latifolius</i>	A
Mortiño	<i>Hesperomeles goudotiana</i>	A
Ortiga blanca	<i>Urtica leptophylla</i>	A
Musgo	<i>Bryophyta sp.</i>	H
Ortiga	<i>Urtica leptophylla</i>	H
Chilca	<i>Braccharis latifolia</i>	A

Matico	<i>Buddleja globosa</i>	A
Quantug	<i>Brugmansia arborea</i>	A
Santa Maria	<i>Tanacetum parthenium</i>	A
Quishuar	<i>Buddleja incana</i>	A
Capulí	<i>Prunus capuli</i>	A
Tuna	<i>Opuntia Picusindica</i>	A
Caballo chupa	<i>Equisetum arvense L.</i>	A
Llantén	<i>Plantago major</i>	A
Achupalla	<i>Puya clavataherculis</i>	A
Nabo	<i>Brassica rapa</i>	H
Marco	<i>Aristeguietia glutinosa</i>	A
Totora	<i>Scirpus californicus</i>	A
Valeriana	<i>Vaccinium floribundum</i>	A
Amapola	<i>Chelidonium corniculatum L.</i>	A
Menta	<i>Mentha longifolia</i>	A
Manzanilla	<i>Chamaemelum nobile</i>	A
Toronjil	<i>Melissa officinalis</i>	A
Retama	<i>Retama monosperma</i>	A
Aliso	<i>Alnus glutinosa</i>	A
Tilo	<i>Tilia caroliniaca</i>	A
Pino	<i>Pinus patula</i>	A
Eucalipto	<i>Globosus Labill.</i>	A
Taraxaco	<i>Taraxacum officinale</i>	H
Cabuya	<i>Brugmansia arborea</i>	A

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

La flora corresponde en gran parte por especies arbóreas, que no son productivos ni tampoco representan una amenaza para las demás especies, sin embargo, la tasa de cobertura vegetal se ha reducido en los últimos años, esto debido la incineración de hectáreas de bosque, con propósitos de agricultura.

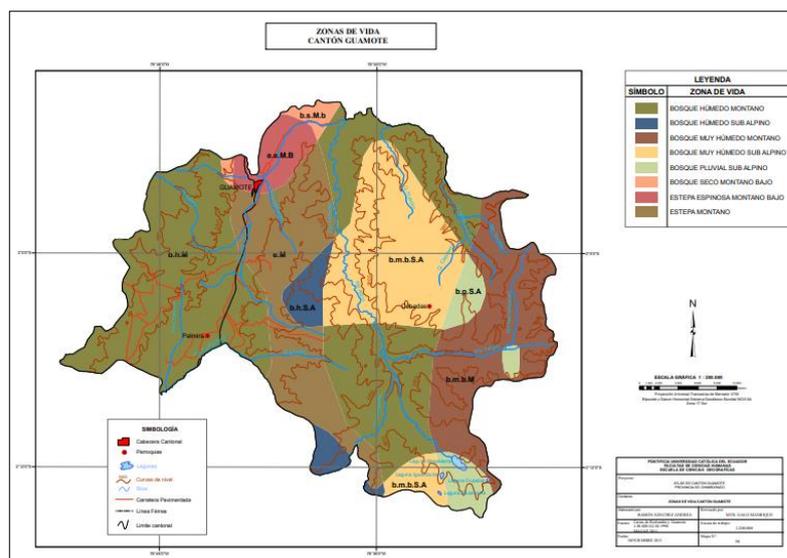


Ilustración 31-4: Zonas de vida del cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.3.1.2. Fauna del cantón Guamote

El cantón Guamote no posee gran variedad de especies animales, de las especies de aves (A), mamíferos (M), reptiles (R) y anfibios (An) prevalecen aves. Esto es debido a la escasa cantidad de especies vegetales comestibles, además del incremento de especies invasoras domésticas como gatos, perros y la ocupación de sus hábitats naturales también limitan su distribución.

Tabla 7-4: Fauna del cantón Guamote

<i>Nombre Común</i>	<i>Nombre Científico</i>	<i>Especie</i>
Conejo	Oryctolagus cuniculus	M
Lobo	Canis Lupus	M
Venado	Cervidae	M
Zorro	Vulpini	M
Llamingos	Lama guanicoe	M
Alpacas	Vicugna pacos	M
Raposa	Marmosa robinsoni	M
Chucuri	Mustela Frenata	M
Ratón	Apodemus sylvaticos	M
Quilico	Falco sparverius	A
Perdiz	Nothura maculosa	A
Curiquingue	Phalcoboenus carunculatus	A

Glígle	Vanellus resplendens	A
Codorniz	Coturnix	A
Guarro	Falco sparverius	A
Ganso	Anser	A
Mirlo	Turdus chichuango	A
Huirac - churo	Pheucticus chrysopeplus	A
Picaflor	Oreotrochilus Chimborazo	A
Tórtola	Zenaida auriculata	A
Golondrina	Streptoprocne zonaris	A
Sapo	Eleutherodactylus curtipes	An
Lagartija	Microlophus ruvianus	R

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

4.3.2. Descripción del medio socioeconómico

4.3.2.1. Población

De acuerdo con los datos del Censo de Población y Vivienda realizado en el año 2010, Guamote se encuentra ubicada en la zona central del Ecuador y tiene una población total de 46.640 habitantes en los sectores urbanos y rurales. La población total comprende, 22.888 son hombres y 23752 son mujeres. La INEC enfatizó en una proyección poblacional, en la cual, en el año 2020 el cantón Guamote tendrá 58.291 habitantes; y, en el año 2023, que es el horizonte de este Plan, tendrá 61.857 habitantes (GUAMOTE, 2013).

Tabla 8-4: Población de las parroquias del cantón Guamote del 2010 al 2020

Parroquias	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Cebadas	8489	8695	8904	9113	9325	9537	9750	9964	10178	10393	10609
Matriz	25449	26068	26693	27323	27956	28591	29231	29872	30515	31160	31807
Palmira	12702	13011	13323	13637	13953	14270	14590	14910	15230	15552	15875
Total	46640	47773	48920	50073	51233	52398	53571	54746	55924	57105	58291

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

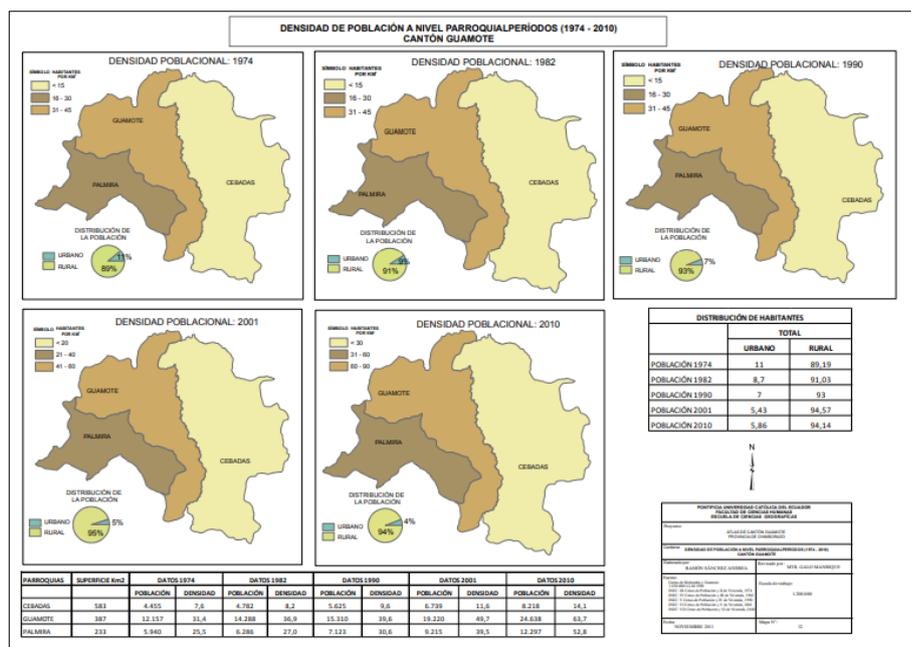


Ilustración 32-4: Densidad poblacional del cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.3.2.2. Educación

El derecho a la educación está evidenciado en la Constitución de la República, de tal forma que, el estado debe garantizar la cobertura y calidad de esta. Al transcurrir los años, en el cantón Guamote la educación no ha sido eficiente ni ha cumplido con parámetros pedagógicos de buena calidad, en la cobertura, en la inversión de la infraestructura y de los equipamientos. El análisis apropiado de la cobertura del servicio se enfoca en varias zonas en el cantón. (GUAMOTE, 2013). El servicio de educación en el cantón Guamote corresponde a las zonas de mayor población, donde, la matriz ofrece una mejor oferta académica que Cebadas y Palmira, aunque, también existen servicios de educación académica para esas parroquias, sin embargo, al tener baja demanda el estado no proporciona el financiamiento adecuado para mejorar la infraestructura y sus equipamientos (GUAMOTE, 2013).

Las dificultades identificadas están ligadas a la baja oferta académica persistente en las parroquias Cebadas y Palmira, sobre todo en los primeros años de escolaridad, el cierre de escuelas sumado a la falta de transporte. El servicio de transporte también está vinculado con la demanda de las escuelas, de tal manera que si no existe una mínima los transportes no prestan servicio escolar en dichas parroquias. La distancia entre las comunidades y las instituciones educativas obliga a los estudiantes a viajar por horas, desde tempranas horas en la mañana para la primera jornada, y regresar muy tarde en la noche para la segunda jornada (GUAMOTE, 2013).

4.3.2.3. Salud

El aspecto de salud en los habitantes del cantón constituye una prioridad dentro de las competencias del Estado, así pues, para la atención de este factor se deberá contar con infraestructura, insumos, materiales y personal adecuado. En el cantón Guamote la salud es un aspecto por mejorar, puesto que la infraestructura, así como el personal e insumos destinados a atender esta problemática de la población no satisface de manera correcta la problemática del cuidado prevención y atención a la salud, de este modo el diagnóstico en cuanto a materia de salud pretende encontrar las problemáticas principales para de este modo atenderlas de una mejor manera para el bienestar de la población (GUAMOTE, 2013).

De acuerdo con la investigación explorativa – descriptiva de (Misael, 2016), las atenciones prestadas por las unidades del cantón Guamote representan una mejora en la calidad de servicio, estudiando las unidades operativas de la matriz, cebadas y palmira, identificando centros de salud de tipo A, B y C; sin embargo, aún no poseen una mejora en infraestructura.

Tabla 9-4: Porcentaje de atenciones realizadas en las unidades operativas del cantón Guamote

<i>Centro de salud</i>	<i>Número de atenciones</i>	<i>Proporción (%)</i>
Cebadas	16023	17,32
Hospital Guamote	3663	3,96
Jatupamba	8612	9,31
Palmira	15609	16,87
San Miguel	3893	4,21
San Vicente	3711	4,01
Sanachuan Alto	3285	3,55
U. Anidada Guamote	37729	40,78
Total	92525	100

Fuente: (Misael, 2016).

4.3.2.4. Servicios básicos

El acceso a los servicios básicos del cantón Guamote es deficiente, esto debido a las dificultades económicas que trasciende en el financiamiento de las demás necesidades como salud, educación, etc. El relieve del cantón también actúa como un factor limitante para garantizar un buen servicio para la población rural.

Silvia Herrera en su estudio descriptivo de la pobreza en la provincia de Chimborazo menciona que: “Al comparar los datos de pobreza por NBI en los 10 cantones de la provincia; se observa que en Guamote persiste la pobreza estructural, es el cantón más pobre (94,27%); en tanto que, el cantón con el menor porcentaje de población pobre por NBI, es Riobamba con el 44.72%” (Cisneros, 2017), de tal manera que, Guamote representaría el nivel de pobreza más alto y de difícil acceso a los servicios Básicos, esto repercute en el déficit de la calidad de vida en éste cantón.

Tabla 10-4: Situación de pobreza por NBI en la provincia de Chimborazo

<i>Cantón</i>	Incidencia de pobreza por NBI	% de viviendas con índice de materialidad recuperable	% de viviendas con servicios de agua por red pública dentro de la vivienda	% de viviendas con adecuado sistema de eliminación de excretas	Tasa neta de asistencia primaria	Escolaridad del jefe de hogar	% de hogares hacinados
Riobamba	44,72	38,00	63,38	79,94	9,90	9,82	9,04
Alausí	84,03	78,41	26,02	36,65	93,53	5,04	28,36
Colta	93,84	75,53	15,87	31,15	93,79	4,99	13,44
Chambo	69,58	53,93	40,25	67,00	93,09	7,13	11,91
Chunchi	72,66	72,87	40,71	52,33	91,36	5,39	18,93
Guamote	94,27	81,00	13,59	29,50	93,52	5,3	30,79
Guano	80,41	60,53	30,86	50,17	94,76	6,9	12,76
Pallatanga	82,15	71,25	24,72	55,87	94,48	6,21	19,15
Penipe	72,00	68,60	39,21	74,23	92,20	7,02	12,79
Cumandá	64,97	55,95	46,56	82,34	94,03	7,9	17,58
Chimborazo	64,88	52,22	43,85	61,34	93,80	7,81	14,42
Ecuador	56,15	52,00	55,31	77,51	93,16	9,28	17,54

Fuente: (Cisneros, 2017).

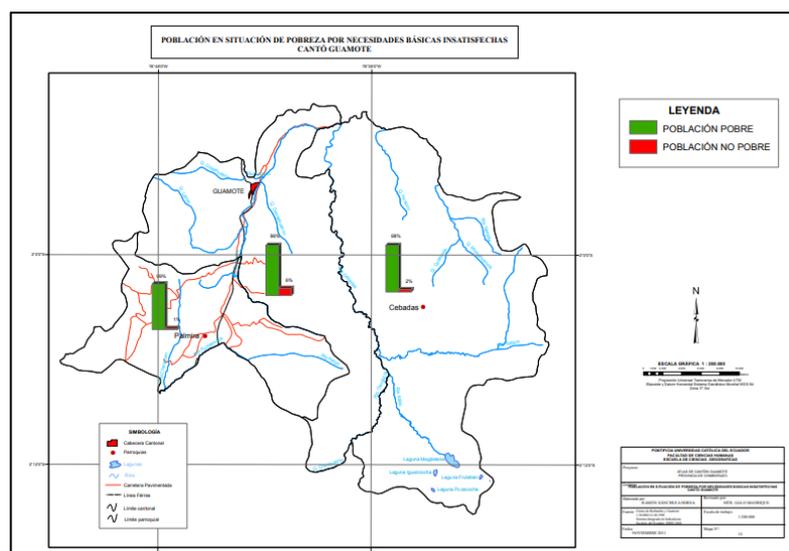


Ilustración 34-4: Población en situación de pobreza por necesidad básica insatisfecha en el cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.3.2.5. Vías y transporte

El cantón Guamote cuenta con un sistema de transporte terrestre que se estructura en diferentes niveles: un nivel interprovincial e intracantonal. En Chimborazo existen 226 operadoras de las diferentes modalidades de transporte, con un total de 5.905 unidades; las modalidades contempladas son la intra e interprovincial, carga liviana, mixta, pesada, escolar – institucional, turística y taxis; éstas cumplen con los requisitos establecidos por la Agencia Nacional de Tránsito y están activas para su funcionamiento.

Tabla 11-4: Transporte en la provincia de Chimborazo

Transporte en la provincia de Chimborazo			
Modalidad	Tipo de vehículo	No. De operadoras	No. De unidades
Taxis	Automóvil, Tricimotos	67	3465
Carga liviana	Camioneta	17	301
Carga mixta	Doble cabina	7	78
Carga pesada	Camión, volqueta o tractocamión	80	980
Escolar Institucional	Furgoneta bus o minibús	8	137
Intraprovincial	Bus o minibús	24	482
Interprovincial	Bus o minibús	19	444
Turístico	Bus o minibús	3	18
Total	---	225	5905

Fuente: (GUAMOTE, 2013).

4.3.2.6. Relieve

El cantón Guamote se encuentra la cordillera de los Andes, y la atraviesa de norte a sur. Entre la cordillera occidental y se encuentra una depresión que es el callejón Interandino. En este se fueron sedimentando los productos de la erosión de las dos cadenas montañosas y la materia volcánica que arrojaron los volcanes. Donde estos depósitos se acumularon por diferentes procesos tectónicos y volcánicos, se formaron elevaciones o nudos que unieron las dos cordilleras (Ramón, 2019).

Tabla 12-4: Pendientes del cantón Guamote

Pendiente	Superficie (Ha)	Porcentaje (%)
Abruptas, montañoso >70	20308.60	16.63
Muy fuertes escarpado 50 - 70	33700.40	27.59
Fuertes, colinado 25 - 50	41931.14	34.33
Irregular, ondulación moderada 12 - 25	14426.50	11.81
Inclinación regular, suave o ligeramente ondulada 5 - 12	7016.57	5.74
Débil, plano o casi plano 0 - 5	436.76	0.36
NO APLICABLE	4321.82	3.54
TOTAL	122141.79	100

Fuente: (CASTILLO, 2019).

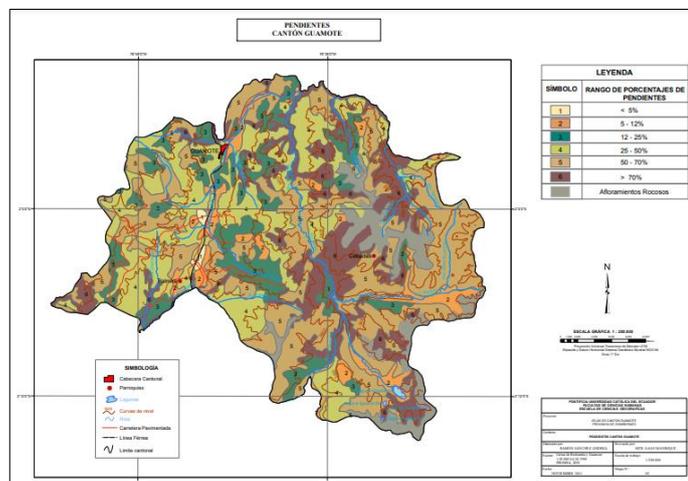


Ilustración 35-4: Pendientes del cantón Guamote

Fuente: (Ramón, 2019).

4.3.3. Descripción del área de influencia de la actividad volcánica

4.3.3.1. Área de influencia Directa

Para determinar el área de influencia directa del cantón Guamote se realizó mediante la relación de la expansión del terreno de muestreo, actividades desarrolladas en el área de estudio, componentes abióticos, bióticos, socioeconómicos, de acuerdo con el componente geográfico.

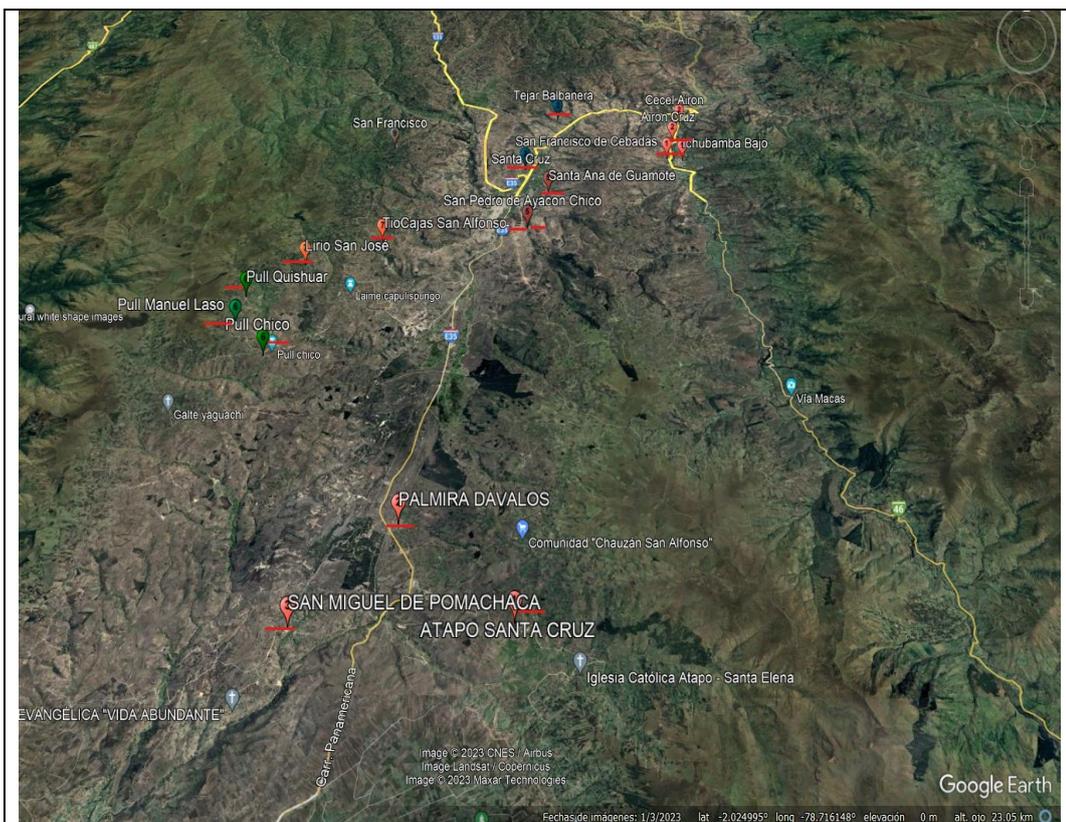
- Sector agroindustrial: El cantón Guamote cuenta con un área de influencia directa de 200,4 hectáreas.
- Sector agrícola: el área de influencia directa en Guamote es de 1230,6.

De acuerdo con (CASTILLO, 2019), la presión antrópica en el cantón Guamote ha ocasionado la pérdida de cobertura vegetal, por lo tanto, el impacto de la ceniza volcánica sobre los cultivos y abrevaderos ha conllevado a un incremento de pérdidas económicas, en la figura 29 – 1 se describe el área de estudio del proyecto y determinación del área de influencia de la ceniza volcánica.



Ilustración 36-4: Área de influencia directa del cantón Guamote

Fuente: (CASTILLO, 2019).



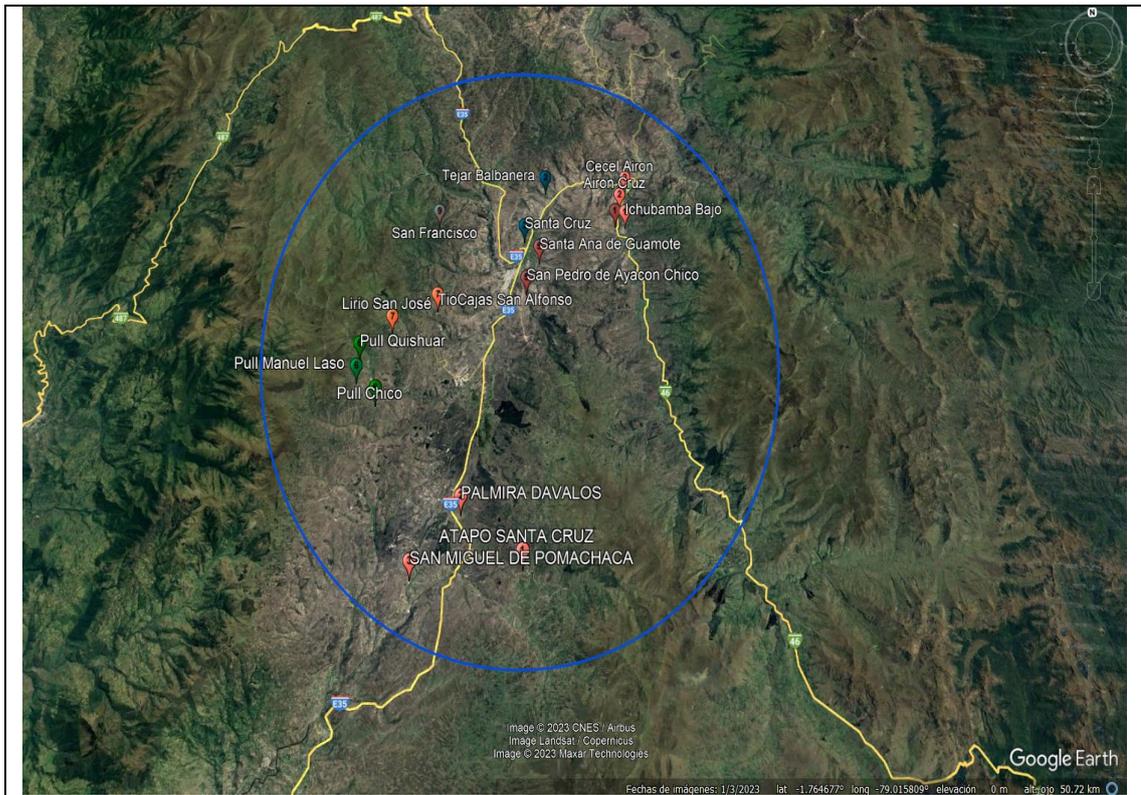
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL		
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA MATRIZ PRODUCTIVA DEL CANTÓN GUAMOTE PRODUCIDA POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN SANGAY		
ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA	AUTORES: Allauca C. y Andrade R.	
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO		
 Puntos de muestreo	 Áreas de los terrenos de muestreo	Escala: 1:5000

Ilustración 37-4: Área de influencia directa

Fuente: Google Earth, 2023.

4.3.3.2. Área de influencia indirecta

El área de influencia indirecta del cantón Guamote se determinó mediante el estudio observacional del terreno, en base a encuestas, fauna, flora y distribución poblacional. Determinando que, el área indirecta corresponde a 30m de extensión de cada punto de muestreo, con un aproximado de 3024 ha de cultivos afectados entre las parroquias Cebadas, Matriz y Palmira.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS CARRERA BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL		
EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE LA MATRIZ PRODUCTIVA DEL CANTÓN GUAMOTE PRODUCIDA POR LA CAÍDA DE CENIZA DEL VOLCÁN SANGAY		
ÁREA DE INFLUENCIA INDIRECTA	AUTORES: Allauca C. y Andrade R.	
COORDENADAS DE LOS PUNTOS DE MUESTREO		
 Puntos de muestreo	 Área de influencia indirecta	Escala: 1:5000

Ilustración 38-4: Área de influencia indirecta

Fuente: Google Earth, 2023.

4.4. Estudio de impacto ambiental

4.4.1. Identificación de impactos ambientales

La identificación del impacto ambiental sobre la matriz productiva del cantón Guamote se la ejecuta en base al estudio estadístico – observacional de las comunidades estratégicas en producción y población, identificando a la Matriz y Cebadas como los puntos clave en producción y zona de mayor impacto.

4.4.1.1. Matriz de identificación

La matriz de identificación es una herramienta utilizada para filtrar los impactos existentes en la zona de estudio, impactos que, no solo pueden ser negativos, sino también positivos de acuerdo con la naturaleza e índice de contaminación producida por la ceniza sobre el cantón.

Tabla 13-4: Matriz de identificación de actividades desarrolladas en el cantón Guamote

MEDIO AMBIENTE			Siembra de cultivos					Riego de cultivos			Área de Ganadería				Monitoreo de contaminación	Transporte	Identificación de puntos de Remediación	Certificación de Seguimiento y Documentación del proyecto						
MEDIO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	Preparación del terreno	Aplicación de fertilizantes orgánicos	Señalización del área de siembra			Tratamiento y disposición de desechos sólidos	Preparación del sistema de riego	Riego de cultivos por dispersión	Almacenamiento de agua	Área de Abrevadero	Área de comederos	Almacenamiento de agua	Recolección de desechos orgánicos	Muestreo de suelo y biomasa	Transporte de Productos Agrícolas al Mercado	Análisis de muestras	Identificación de puntos críticos	Señalización de comunidades críticas			IMPACTOS POSITIVOS	IMPACTOS NEGATIVOS
					Residuos	Incineración																		
					orgánicos																			
Medio Físico	ATMOSFERA	AIRE	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(+)			1	1	7
		RUIDO	(-)	(-)	(-)	(-)			(-)	(-)	(-)	(-)	(-)				(-)	(-)	(-)	(-)			0	1
	AGUA	AGUA SUPERFICIAL	(-)						(+)	(+)	(-)					(+)							3	2
		AGUAS SUBTERRANEA		(-)					(+)	(+)		(+)	(+)	(+)		(+)	(+)						7	0
	SUELO	COBERTURA VEGETAL	(-)		(-)	(+)	(+)		(+)	(+)		(+)	(+)		(+)	(+)	(+)	(+)					11	2
		CALIDAD DEL SUELO			(-)	(+)	(-)		(+)	(+)	(-)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)				11	3
		GEOMORFOLOGIA	(-)														(+)						1	1

4.4.1.2. Matriz de Leopold

La matriz de Leopold es una herramienta utilizada para identificar con valores las actividades que mayor impacto producen sobre los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos ejecutados en el cantón Guamote.

Tabla 14-4: Matriz de Leopold del cantón Guamote

MEDIO AMBIENTE			Siembra de Cultivos					Riego de Cultivos			Área de Ganadería				Monitoreo de Contaminación	Transporte	Identificación de puntos de Remediación	Certificación de Seguimiento y Documentación del proyecto					
MEDIO	COMPONENTE	FACTOR AMBIENTAL	Preparación del terreno	Aplicación de fertilizantes orgánicos	Señalización del área de siembra			Tratamiento y disposición de desechos sólidos	Preparación del sistema de riego	Riego de cultivos por dispersión y escorrentía	Almacenamiento de agua	Área de Abrevadero	Área de comederos	Almacenamiento de agua	Recolección de desechos orgánicos	Muestreo de suelo y biomasa	Transporte de productos agrícolas al mercado	Análisis de muestras	Identificación de puntos críticos	Señalización de comunidades críticas	NÚMERO DE IMPACTOS	SUMATORIA DE IMPACTOS POSITIVOS	
					Residuos	Incineración	inorgánicos																
Medio Físico	ATMOSFERA	AIRE	28		18	17	27	13	22	14	26		25	21	25	16		26		20		6	113
		RUIDO	10				15		10			22	16					27		12		0	0
	AGUA	AGUA SUPERFICIAL	32						27	22	23	15	12	22		38						3	87
		AGUAS SUBTERRANEAAS							33	33	10	24	34	23		34						7	181
	SUELO	COBERTURA VEGETAL	22		26	21		27	28			25	32		30	24				53		30	11

		CALIDAD DEL SUELO	16		25	37	20			39	33	18		38	38	36	39		50				75			30		11	452	
		GEOMORFOLOGIA	17																							24		1	0	
		PAISAJISMO	18	14	24	20	19	21		40	42			24	27	26								75		15		10	299	
																											49	1511		
Medio Biótico	FLORA	ESPECIES ARBOREAS	10	18						29	28																	2	57	
		ESPECIES ARBUSTIVAS MENORES	26							34	28	27			27	18	34		37										10	205
		FLORA LOCAL	26							35	17	27			27	18			40										9	164
	FAUNA	FAUNA TERRESTRE	20			18	17				22	26		22	20	22	26		41										11	197
		HABITAT	20	17	24					22	24			24	24	24	36		40										10	218
																													5	0
																											47	841		
Medio Social	CALIDAD DE VIDA	SALUD	15	20	16	15	33	15		10	21	25		14	16	18	23		35					26				7	130	
		EMPLEO																							20		25	17	45	
	ASPECTOS PSICOLOGICOS																								12		15	12	27	
	ACTIVIDADES PRODUCTIVAS																								25		35	11	25	
																												47	227	
			0	0	48	96	0	63	207	318	298	80	696	157	254	188	213	812	339	339	562	562	249	57	306	40	40	0	2962	
			244	49	85	17	116	13	524	10	14	92	116	22	16	0	0	38	16	16	27	27	12	0	12	0	0			

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

El impacto ambiental producido por la caída de ceniza en el cantón Guamote está estrechamente ligado al medio socioeconómico por sobre el biótico y abiótico; muchos de los agricultores del cantón no tienen conocimiento sobre el correcto uso del suelo para la agricultura, la ceniza actúa como un agente desinfectante, que, en controlada proporción puede beneficiar en la producción agrícola, sin embargo, cuando se mantiene constante y no se aplican remociones de ella produce impactos negativos sobre la biomasa local, también es importante considerar que en la gran mayoría de agricultores de la Matriz, Cebadas y Palmira poseen ganado, el 70% de los encuestados mencionaron que sus ganados consumen el agua en abrevaderos descubiertos. Esto puede repercutir en la adquisición de enfermedades digestivas y respiratorias, por ello se recomienda controlar mejor el agua de esos abrevaderos, con un sistema de reposición y limpieza de los mismos, con periodicidad de 5 veces por semana al existir caída de ceniza.

La ceniza posee componentes variables, dependientes de cada erupción, ninguna caída de ceniza será igual que otra, por ello, está previsto que el medio biótico sea el principal afectado además del socioeconómico, al existir pérdidas de cultivos y de ganado ocasiona un déficit en el ingreso mensual de los agricultores que viven el día a día de ellos. El 80% de los agricultores del cantón son dependientes de sus productos agrícolas, es decir, apenas el 20% de ellos los tienen como consumo exclusivo para ellos mismos.

4.5. Resultado del análisis físico químico de muestras del suelo

Tabla 15-4: Resultado análisis físico – químico de muestras de suelo

Muestra	pH	CE	MO	D real	CIC (mEq/100g)	Textura
		(μ S/cm)	(%)	(g/cm ³)		
CC	6,77	141,80	3,16	2,67	15,53	Franco arenoso
I	6,38	67,73	2,19	2,65	18,26	Franco arenoso
PC	6,44	63,90	3,18	2,71	18,65	Franco arenoso
PD	6,58	107,93	1,73	2,78	12,59	Franco arenoso
PQ	6,18	114,33	5,77	2,52	16,93	Franco arenoso
SJS	6,76	136,50	3,45	2,70	13,00	Franco arenoso
SPA	8,59	156,80	3,01	2,56	20,79	Franco arenoso
ANOVA	***	***	***	***	***	
DMS	0,38	16,36	0,17	0,126	0,59	

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Nota: CC, I, PC, PD, PQ, SJS, SPA = Muestras de suelo, pH= Potencial de hidrógeno, CE=Conductividad eléctrica, D=Densidad. CIC = Capacidad de intercambio catiónico***
Diferencia significativa de 99,9% de confiabilidad.

Los valores de los parámetros obtenidos del análisis fisicoquímico de muestras de suelo pertenecientes al cantón Guamote se muestran en la tabla 39-4, fueron desarrollados en las instalaciones del laboratorio de impactos y protección ambiental de responsabilidad del grupo GAIBAQ. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la prueba de varianza ANOVA desarrollado en el software SPSS, el análisis de varianza ANOVA muestra que hay una diferencia significativa existente de 99,9%.

4.5.1. pH

En la tabla 39-4 se detalla los valores de pH obtenidos en las muestras analizadas del suelo del cantón Guamote, el pH se encuentra dentro del rango de 6 – 8.5. El pH máximo es 8,59 en la muestra SPA, mientras que, el valor mínimo es 6,18 en la muestra PQ, que según el Acuerdo ministerial 097-A anexo 2, al tratarse de suelos agrícola, el pH de las muestras analizadas es óptimas a excepción de SPA, el pH óptimo para este tipo de suelos es el rango (6 – 8) (Nuñez, 2015).

Según (R., 2018) los suelos alcalinos son comunes en textura franco-arenosa, sin embargo, este pH puede ser regulado por un mejor manejo de la técnica “enclado” o mediante precipitaciones fluviales, además menciona que la alcalinidad suele producirse no solo por fuentes de pesticidas sino también por plantas que fijan el nitrógeno simbióticamente como: porotos y alfalfa.

4.5.2. Conductividad eléctrica

Los valores de conductividad eléctrica detallados en la tabla 39-4 se encuentran dentro del rango 60 – 150 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El CE máximo es 156,80 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la muestra SPA, mientras que, el valor mínimo es 63,90 $\mu\text{S}/\text{cm}$ correspondiente a la muestra PC. De acuerdo con (Nuñez, 2015) el límite de CE para suelos de uso agrícola es de (200 $\mu\text{S}/\text{cm}$) por lo que ninguna de las muestras presenta valores fuera de la normativa.

(Coitiño López Javier, 2015) en su estudio de delimitaciones de zonas de manejo en un suelo agrícola menciona que “Los cationes Ca y K, materia orgánica y porcentaje de arcilla se correlacionan positivamente con CE, siendo conocido que estas dos últimas características se asocian a posiciones de intercambio catiónico que sirven de vías al movimiento de las cargas eléctricas”, de tal manera que la baja conductividad eléctrica está estrechamente ligada e éstos factores del suelo, siendo textura franco – arenosa con bajo contenido de arcilla repercute en la baja capacidad de conductancia.

4.5.3. Materia orgánica

La materia orgánica no representa impacto negativo sobre la matriz suelo del cantón Guamote, por ello, su alto contenido puede mejorar la calidad del suelo. De acuerdo con la tabla 39 – 4 los valores de MO se encuentran en rango 1 – 5%. El % de MO máximo es de 5,77 en la muestra PQ y el % de MO mínimo es de 1,73 en la muestra PD.

El alto contenido de materia orgánica no es un factor indispensable para la buena calidad del suelo, (Teresa, 2017) menciona que “Los suelos con alto contenido orgánico son menos eficientes que los suelos minerales con una capacidad similar de CIC” esto es debido a la dependencia de la nitrificación otorgada por las *Nitrosomonas sp.*, si el suelo no posee suficiente población bacteriana, la disponibilidad de N de la materia orgánica no es aprovechable para los cultivos, requiriendo fuente de N alterna como fertilizantes químicos.

El % de materia orgánica de las muestras del suelo tomadas del cantón Guamote representan una deficiencia en la capacidad de nitrificación y disponibilidad nutricional para sus cultivos, por ello, en la gráfica 12 -4 se evidencia que el 50% de agricultores utilizan abono 18-46, también conocido como abono Fosfato diamónico, fuente directa de P y N para el suelo de sus cosechas.

4.5.4. Densidad real

La densidad real constituye a la sumatoria de componentes orgánicos e inorgánicos presentes en las muestras del suelo, en la tabla 39-4 el valor máximo de densidad real es 2,78 g/cm³ de la muestra PD y el valor mínimo es 2,52 g/cm³ correspondiente a la muestra PQ. De acuerdo con (FAO, 2019) el valor adecuado de densidad real es de 2,65 g/cm³.

Debido a que el nivel de significancia de ≤ 0.001 causa un efecto significativo en la densidad real dando un nivel de confianza de 99,9%, además muestra que los valores son altamente significativos, y comparando con el valor de DMS, la media de cada muestra es diferente.

4.5.5. Capacidad de intercambio catiónico

La capacidad de intercambio catiónico de un suelo representa directamente su fertilidad, mientras más valor CIC posea, más fértil es el suelo, como se detalla en la tabla 39 – 4 el valor máximo de CIC es 20,79 meq/100g y el valor mínimo 12,59 meq/100g. De acuerdo con (UNNOBA, 2018) el

CIC adecuado del suelo tipo franco – arenoso es de (10 – 40 mEq/100g) también categorizado como retención de partículas.

4.5.6. Textura

Como se detalla en la tabla 39 – 4 todas las muestras de suelo representan textura franco – arenosa. De acuerdo con (Ciancaglini, 2017) estos tipos de suelo poseen 65% de arena, 25% de limo y 10% de arcilla lo que representa un déficit en la retención de iones catiónicos y agua.

4.6. Resultado del análisis de macro y micronutrientes de muestras del suelo

Tabla 16-4: Resultado análisis de macronutrientes y micronutrientes de muestras de suelo

Muestra	C	N	C/N	P	Na	K	Mn	Cu	Zn
	(%)	(%)		[ppm]					
CC	0,77	0,02	38,75	38,60	37,61	10,96	14,75	0,57	29,51
I	0,78	0,01	56,07	71,81	41,30	16,69	19,16	39,48	19,12
PC	0,78	0,01	46,17	60,98	60,42	18,61	23,15	10,77	23,15
PD	1,50	0,01	214,28	45,69	49,54	21,15	22,37	21,83	22,37
PQ	2,34	0,01	75,64	38,05	50,56	29,00	15,31	26,59	30,62
SJS	1,24	0,03	72,94	31,23	64,14	40,92	19,73	32,82	39,47
SPA	0,19	0,02	9,50	63,07	67,48	48,99	23,10	42,68	23,10
ANOVA	***	***	***	***	***	***	***	***	***
DMS	0,03	0,02	17,17	0,89	1,79	3,06	0,99	0,54	1,82

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Nota: CC, I, PC, PD, PQ, SJS, SPA = Muestras de suelo, C=Carbón, N= Nitrógeno, C/N= Relación carbono nitrógeno P= Fosforo, Na= Sodio, K= Potasio, Mn=Manganeso, Cu= Cobre, Zn= Zinc *** Diferencia significativa de 99,9 % de confiabilidad.

4.6.1. Macronutrientes de suelo

4.6.1.1. Carbono, nitrógeno & C/N

Los resultados obtenidos de carbono presentan una alta diferencia significativa entre muestras, con un nivel de confianza del 99,9%. El carbono orgánico del suelo influye en la calidad nutricional y el desarrollo de los cultivos. En la tabla 40 – 4 se detallan valores de % de carbono, siendo 2,34% el valor máximo en la muestra PQ y 0,19% el valor mínimo en la muestra SPA. Según (Orjuela, 2018) el valor promedio para suelos de uso agrícola es de 0.5 – 5% de contenido de carbono, valores por debajo de ellos no es apto para la agricultura.

De acuerdo con los valores de carbono en la muestra SPA se presenta un % de 0,19 en contenido de carbono, esto puede representar una dificultad mayor para el correcto desarrollo de las cosechas, (Vivas, 2019) en su estudio de incremento de carbono orgánico por fertilización P-S menciona que “El factor S se destaca por su influencia en la generación de biomasa carbonada de hasta un 20% sobre su testigo, superando al aporte del P que solo alcanza un 10% sobre su testigo” de tal manera que la fertilización con azufre tiene mejores resultados que la fertilización con fósforo para mejorar el % de carbono.

Los resultados de nitrógeno representan un 99,9% de nivel de confianza. En la tabla 40 – 4 se detallan valores de % de nitrógeno, siendo 0,030% el valor máximo en la muestra SJS y 0,014% el valor mínimo en la muestra I. De acuerdo con (LABISER, 2020) el % adecuado para el suelo es (0.01% - 0.04%) valores por encima del mismo pueden retrasar el crecimiento vegetal.

En relación C/N todos los valores representan un 99,9% de confianza, la relación es directamente proporcional al % de nitrógeno y % de carbono individuales, (Cynthia Carolina Gamarra Lezcano, 2017) menciona que el valor adecuado de C/N para un suelo destinado a agricultura es (10 – 14), valores por debajo limita la proliferación de bacterias descomponedores de materia orgánica, entre ellas la más representativa *Nitrosomonas spp.*, en los detalles de la tabla 40 – 4 se evidencia el valor máximo de C/N de 214,28 en la muestra PD y el valor mínimo 9,50 en la muestra SPA.

4.6.1.2. P, K, Na

Los resultados de los macronutrientes presentan una significancia alta de 0,001 y un nivel de confianza del 99,9%, entre sí. Para la determinación de los valores de fósforo detallados en la tabla 40-1 se utilizó el equipo espectrofotómetro UV – Visible, El valor máximo de P corresponde a la muestra I con 71,81ppm y el valor mínimo a la muestra SJS con 31,23 ppm. De acuerdo con (Díaz, 2020) el requerimiento de fósforo en el suelo es dependiente del tipo de cultivo a sembrar, aunque estable un rango general para que el P sea aprovechable para la vegetación en general, siendo (3.5ppm – 8.4ppm) el rango base para cultivar.

Las muestras recolectadas del cantón Guamote presentan altas cantidades de P, esto es debido al abono 18 – 46 que los agricultores aplican a sus cultivos y como se muestra en la gráfica 13 – 4 el 75% de ellos fertiliza sus cultivos con periodicidad de 1 semana, permitiendo que el suelo cultivable se mantenga con buenas dosis de P para el correcto desarrollo fisiológico de sus cosechas.

(G.J, 2019) en su investigación de la importancia del fósforo sobre el crecimiento vegetal menciona que “Los iones fosfóricos son capaces de recibir energía luminosa captada por la clorofila y transportarla a través de la planta”, esto permite que el proceso fotosintético sea más eficiente y los cultivos puedan desarrollarse de mejor forma, si bien es cierto los iones fosfóricos mejoran la fertilidad del suelo también incrementa la producción de fitoalexinas, toxina encargada de eliminar hongos y bacterias patógenas que atacan a las plantas.

El potasio al igual que el fósforo es un elemento indispensable en el desarrollo de las plantas, a diferencia de P éste interviene en el crecimiento a nivel estructural mientras que P lo hace a nivel radicular, en la tabla 40 – 4 se detallan los valores de K, siendo 48,93 ppm el valor máximo en la muestra SPA y 10,96 ppm el valor mínimo. Según (G.J, 2019) el valor óptimo de K para un suelo cultivable es (20 – 30ppm).

De acuerdo con (Intagri, 2017) las altas dosis de potasio pueden intervenir en el proceso de adsorción-desorción de K que tienen las plantas, existiendo una mayor cantidad de K fijado que K soluble disponible para los procesos de nutrición sintética, la muestra SPA y SJS poseen niveles elevados de potasio, esto puede ser debido a la periodicidad de fertilización del suelo local, los niveles de K pueden ser controlados si se reduce la dosis de fertilizante o incrementando el riego sobre el suelo, permitiendo que las altas cantidades de K fijado sean aprovechables por los cultivos.

Las muestras CC, I y PC poseen bajos niveles de K en su estructura, por lo que una buena forma para incrementar su disponibilidad nutricional es mejorando la dosis de fertilizante.

El sodio a diferencia de K y P tiene efectos negativos en altas concentraciones ya que inhibe la presencia de agregados nutricionales y también actúa como agente herbicida. El valor máximo de sodio en las muestras es de 67,48 ppm en SPA y el valor mínimo de 37,61 ppm en CC. Según (FAGRO, 2022) el valor límite de sodio para que no intervenga en los procesos bioquímicos de desarrollo radicular y estructural de manera general es de (15 – 40ppm), si bien es cierto la tolerancia de sodio también dependen del tipo de cultivo, existen cosechas que son más tolerantes a este elemento que otras.

El sodio no solamente tiene efectos negativos sobre las plantas sino también sobre el suelo, las altas concentraciones de Na influyen en su pH, volviéndolo alcalino, esta variación de pH no solo afecta a los mismos cultivos sino también a la actividad biológica.

4.6.2. *Micronutrientes de suelo*

4.6.2.1. *Mn, Cu, Zn*

La tabla 40 - 4 indica los valores obtenidos de los micronutrientes presentes en los suelos de las muestras de Guamote, el análisis estadístico de los valores señala un nivel de confianza del 99,9%. El valor máximo de manganeso en las muestras es de 23,15 ppm en PC y el valor mínimo de 14,75 ppm en CC. De acuerdo con (Poveda, 2005) los valores adecuados de manganeso en suelo son (10 – 30ppm), este elemento no posee impacto negativo sobre la vegetación, sin embargo, en altas concentración al igual que el potasio puede fijarse a nivel radicular formando silicatos concentrados no aprovechables.

Las muestras no poseen altos niveles de manganeso y cumplen con el mínimo recomendado, por lo tanto, este elemento no posee novedades sobre ellas. El suelo franco – arenoso posee altos niveles de drenaje, evitando la acumulación de silicato ya que el manganeso suele acumularse por factores de erosión y mal drenaje del agua de precipitación.

El cobre es un elemento necesario en bajas cantidades para el crecimiento vegetal, en las muestras analizadas se tiene como valor máximo 42,68 ppm en SPA y como valor mínimo 0,57 ppm en CC. El límite máximo permisible establecido por el acuerdo ministerial 097 (Nuñez, 2015) es de (63ppm) para suelos de uso agrícola, ninguna de las muestras supera la normativa.

En CC la cantidad de Cu es 0,57 ppm, el déficit de cobre sobre el suelo puede ocasionar enfermedades en los cultivos, como menciona (HEROGRÁ, 2022) el cobre forma una película laminar que actúa como barrera protectora frente a hongos y bacterias que comúnmente son las causantes de las patologías, entre algunas especies fúngicas patógenas para las plantas tenemos: *Uncinula necator*, *Pseudoperonospora cubensis*, *Puccinia graminis*, *Tricholoma terreum* & *Botrytis cinérea*.

La concentración de zinc de las muestras de suelo tiene como valor máximo 39,47 ppm en SJS y 19,12 como valor mínimo en I. La normativa establece 200ppm como valor límite para suelo de uso agrícola (Nuñez, 2015), ninguna de las muestras supera el límite de la normativa por lo que los niveles de Zn se encuentran aceptables.

4.7. Resultado del análisis de metales pesados y aniones de muestras del suelo

Tabla 17-4: Resultado análisis de metales pesados y aniones de muestras de suelo

Muestra	Cd	Pb	Ni	Cl	NO ₃	SO ₄	PO ₄
	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]	[mg/L]
CC	0,00	0,00	6,65	274,44	169,50	2814,19	30,78
I	0,00	0,00	5,42	62,03	204,63	99,82	12,97
PC	0,00	0,00	0,00	17,72	204,56	69,96	33,76
PD	0,00	0,00	6,77	469,68	186,13	440,36	47,36
PQ	0,00	0,00	4,72	115,20	174,34	24,90	43,17
SJS	0,00	0,00	0,00	292,27	154,76	24,96	81,21
SPA	0,00	0,00	0,00	61,90	214,47	24,94	6,31
ANOVA	***	***	***	***	***	***	***
DMS	0	0	0,18	27,41	7,957	58,17	1,27

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Nota: MS=Muestras de suelo, As=Arsénico, Se= Selenio, Cl= Cloro, NO₃= Nitrato, SO₄= Sulfato, PO₄=Fosfato,

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

Los resultados de las concentraciones de metales pesados y aniones contenidos en las muestras tienen una diferencia significativa elevada en cada variable, presentan un nivel de confianza del 99,9%, según el Acuerdo ministerial 097 A, menciona que la concentración permitida de cadmio es 2 ppm, para plomo es 60ppm y para el caso de níquel es 50 ppm, por lo que, los valores de las concentraciones obtenidas se encuentran dentro del rango permitido (Núñez 2015).

Las muestras no poseen presencia alguna de Cd y Pb, lo que representa un suelo saludable, sin embargo, las muestras CC, I, PD y PQ presentan bajas cantidades de níquel, estas cantidades son tolerables y benefician en el desarrollo vegetal ya que (Intagri, 2017) menciona “La deficiencia de Ni inhibe la acción de la ureasa y esto conlleva a la acumulación de urea que provoca la presencia de manchas necróticas en las hojas, también afecta el metabolismo de los ureidos, aminoácidos, ácidos orgánicos y estimula la acumulación del ácido oxálico y láctico en las hojas.”, por lo tanto, la presencia de níquel en bajas concentraciones tiene beneficios a sobre los cultivos.

El valor máximo de cloruros en las muestras es de 469,68 mg/L en PD y el valor mínimo de 17,72 mg/L en PC. De acuerdo con (FERTILAB, 2020) los valores adecuados de cloruros para un suelo saludable son de (50mg/L – 300mg/L).

Las muestras PC y PD incumplen con los límites máximos permisibles, para el caso de PC la deficiencia de cloruros puede afectar en los procesos bioquímicos de nutrición de los cultivos, una buena fuente de cloruros son los abonos orgánicos, éstos pueden mejorar su requerimiento.

En el caso de PD existe elevada concentración de cloruros, la reducción de dosis de carga orgánica puede mejorar la condición del suelo con alta concentración de Cl (FERTILAB, 2020).

Los aniones fosfato, sulfato y nitrato tienen como objetivo la intervención y mejoramiento de asimilación de nutrientes para las plantas, actúan como intermediarios para evitar acumulación de metales pesados o de nutrientes sedimentables como K. De acuerdo con (VALERO, 2016) los niveles recomendados de nitratos, sulfatos y fosfatos para suelos agrícolas es (50 – 500 mg/L).

La muestra CC presenta alta concentración de sulfatos con un valor de 2814,19 mg/L, es recomendable realizar un encalamiento o lavado de suelo para mejorar la lixiviación de SO₄.

4.8. Resultado del análisis químico de muestras de biomasa

4.8.1. Resultado de análisis de macronutrientes de muestras de biomasa

Tabla 18-4: Resultado del análisis de macronutrientes de muestras de biomasa

Muestra	P			K			Na		
	[ppm]			[ppm]			[ppm]		
	TA	FR	R	TA	FR	R	TA	FR	R
CC	908,13	680,42	439,86	11713,75	5526,98	22429,57	62,36	63,210	83,76
I	659,58	712,28	731,04	5539,70	19751,96	9630,23	666,40	34,627	532,09
PC	536,66	622,70	480,14	7206,84	19238,78	10256,06	151,20	90,577	457,51
PD	1065,42	996,67	871,66	5935,24	7219,89	10113,62	182,12	151,800	229,82
PQ	341,94	794,58	549,16	6513,25	4877,40	5471,17	81,55	88,973	285,28
SJS	1012,29	1000,83	340,21	10399,92	16001,99	6296,84	61,47	64,013	144,57
SPA	894,58	540,83	632,50	6631,87	2030,42	8814,37	97,25	62,863	129,90

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Nota: M=Código de muestra, TA=Muestras de parte aérea, FR= muestra de producto, R=muestra de raíz,

P=Fosforo, K=Potasio, Na=Sodio.

A partir de los datos de los macronutrientes presentes en la biomasa que se detallan en la tabla 42-4, se elaboraron gráficas que evidencian la transferencia de macronutrientes en el eje X se coloca la variable tipo de muestra, mientras que en el eje Y se coloca la variable concentración del macronutriente en partes por millón.

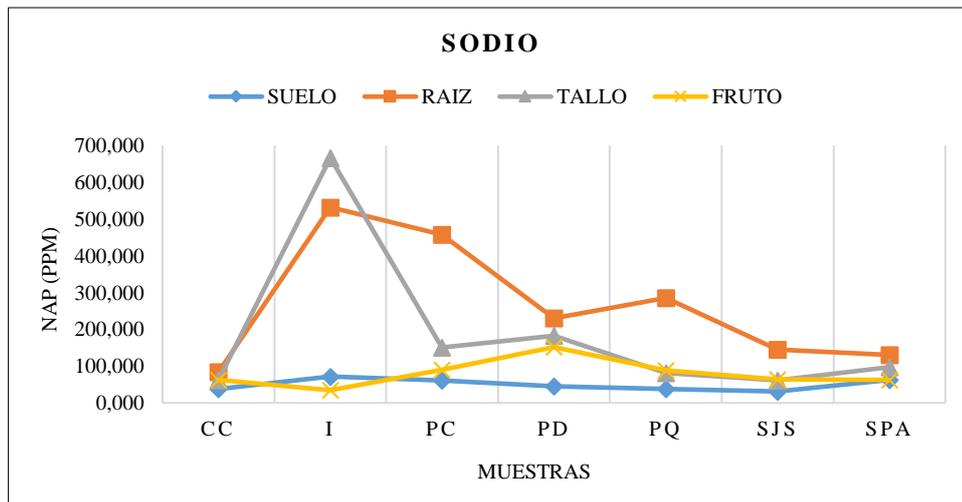


Ilustración 39-4: Resultado de análisis de sodio de muestras de biomasa

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

La evaluación de concentración de iones sodio se realizó mediante la lectura de las muestras de parte aérea, raíz y producto en el equipo espectrofotómetro de llama. El gráfico 26-4 muestra las concentraciones en ppm de las 21 lecturas realizadas en biomasa y 7 lecturas en suelo. Las muestras de biomasa que mayor concentración de sodio presentan son I, PC, y PD con valores de (150ppm – 650ppm); mientras que las muestras de menor concentración son CC, PQ, SJS y SPA con valores de (60ppm – 300ppm).

Como menciona (G.G, 2020) las altas concentraciones de Na pueden producir problemas en el crecimiento vegetal, si se encuentra en raíz provoca deshidratación prolongada. I y PC poseen alta concentración de Na en raíz por lo que se necesita reducirla con encalamiento o incrementando la periodicidad del riego; de todas las muestras solo I presenta elevada concentración con valor de 666,40ppm de Na en tallo, la causa de esta concentración en tallo está ligada al uso del abono 18 – 46 y de pesticidas sello amarillo, en el gráfico 10 – 4 el 54% de agricultores mencionan ocuparlo para sus cosechas.

De acuerdo con el sodio es un elemento necesario para el ser humano, su consumo en exceso puede ocasionar problemas cardiovasculares a largo plazo, en el gráfico 26 – 4 se evidencia concentraciones moderadas de sodio en el producto de maíz de PD con valor de 151,80ppm.

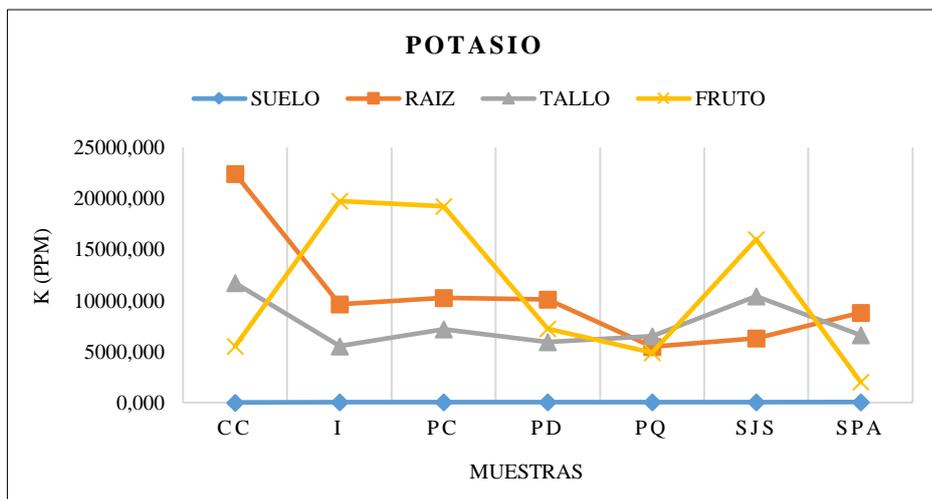


Ilustración 40-4: Resultado de análisis de potasio de muestras de biomasa

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

En la ilustración 27-4 se muestran los valores obtenidos en la biomasa de las muestras recolectadas. Las mayores concentraciones de potasio se encuentran en la raíz de CC y en los productos de haba, quinua y maíz de las muestras I, PC, SJS, teniendo valores de (22429,57ppm) para raíz y (16000ppm -19000 ppm) para fruto. De acuerdo con (G.J, 2019) el potasio no produce impacto ambiental negativo y su elevada concentración es fundamental para el desarrollo fisiológico de las plantas ya que es esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP), además evita enfermedades comunes en ellas como clorosis y defoliación.

Las muestras PQ y SJS presentan bajos niveles de potasio en raíz con valores de 5471,17 ppm y 6296,84 ppm respectivamente, es importante incrementar los niveles de K mediante fertilización potásica, para el correcto desarrollo vegetal.

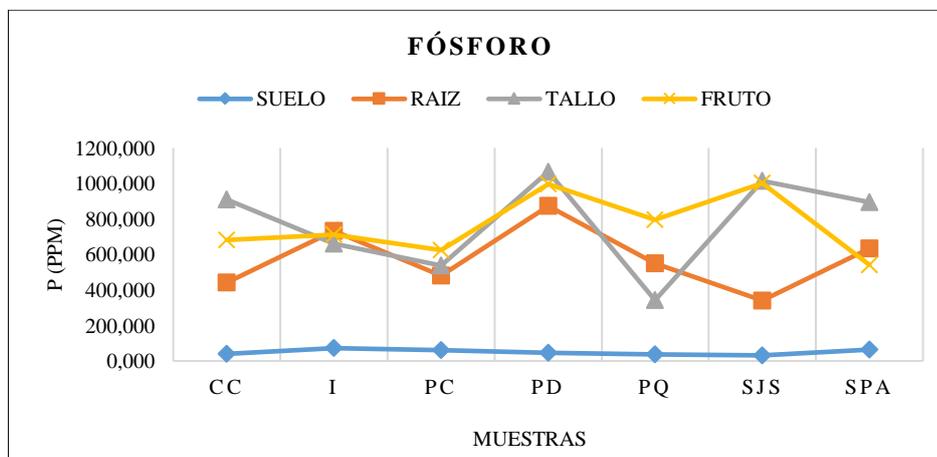


Ilustración 41-4: Resultado de análisis de fósforo de muestras de biomasa

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Respecto a la concentración de fósforo en maíz de la muestra PD presenta mayor concentración en la raíz (871,66ppm) junto con SJS en concentración para parte aérea y fruto con valores > 900ppm. Los valores de P más bajos corresponden a las muestras de CC y PC, alcanzando el rango de (400ppm – 600ppm) para parte aérea y fruto. Según (G.J, 2019) los altos niveles de fósforo favorecen en la estabilidad de sustratos del suelo y permiten un mejor crecimiento vegetal, un valor por encima de (300ppm) en la raíz representa desarrollo estable y nutritivo para el cultivo.

4.8.2. Resultado de análisis de metales pesados de muestras de biomasa

Tabla 19-4: Resultado del análisis de metales pesados de muestras de biomasa

Muestra	Cd			Pb			Ni		
	[ppm]			[ppm]			[ppm]		
	TA	FR	R	TA	FR	R	TA	FR	R
CC	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
I	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PC	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PD	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
PQ	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
SJS	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5
SPA	< 0,12	< 0,12	< 0,12	< 2	< 2	< 2	< 2,5	< 2,5	< 2,5

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Nota: M=Código de muestra, TA=Muestras de parte aérea, FR= muestra de producto, R=muestra de raíz, P=Fósforo, K=Potasio, Na=Sodio.

4.8.2.1. Cadmio

Los valores de cadmio se encuentran por debajo del límite de detección (< 0,12ppm) por lo que no existe la presencia de este metal en ninguna muestra de biomasa del cantón Guamate. De acuerdo con (Nuñez, 2015) el límite máximo permisible para Cd en suelo de uso agrícola es de (2ppm) por lo que estos valores no sobrepasan la normativa.

4.8.2.2. Plomo

Los valores de plomo se encuentran por debajo del límite de detección (< 0,12ppm) por lo que no existe la presencia de este metal en ninguna muestra de biomasa del cantón Guamate. De acuerdo con (Nuñez, 2015) el límite máximo permisible para Pb en suelo de uso agrícola es de (60ppm) por lo que estos valores no sobrepasan la normativa.

4.8.2.3. Níquel

Los valores de níquel se encuentran por debajo del límite de detección (< 0,12ppm) por lo que no existe la presencia de este metal en ninguna muestra de biomasa del cantón Guamate. De acuerdo con (Nuñez, 2015) el límite máximo permisible para Ni en suelo de uso agrícola es de (50ppm) por lo que estos valores no sobrepasan la normativa.

4.9. Resultado de factores de bioconcentración, biotransferencia y bioacumulación

Tabla 20-4: Resultado de factores de bioconcentración, biotransferencia y bioacumulación

Muestra	Na			K			P		
	[mg/Kg]			[mg/Kg]			[mg/Kg]		
	BCF	BA	TF	BCF	BA	TF	BCF	BA	TF
CC	1,34	1,02	1,04	658,34	325,54	18,50	5,26	10,86	8,14
PQ	6,64	1,90	2,05	435,54	504,31	61,72	15,55	9,69	22,52
SJS	2,25	0,95	1,00	153,54	255,91	24,64	10,89	32,48	32,08

Realizado por: Allauca, C & Andrade, R, 2023.

Nota: CC, PQ, SJS =Muestras de biomasa, Na = Sodio, K = Potasio, P = Fósforo, BCF=Bioconcentración, BA=Bioacumulación, TF=Biotranslocación

Los factores de BCF reportan valores mayores a 1, por lo tanto, indica que el movimiento de iones Na, K y P en raíces son eficientes, además los valores de BA > 10 indican que la parte aérea de las plantas son hiperacumuladora de K y P. El factor de translocación TF para los tres elementos son mayores a 1 lo que indica que existe transferencia de estos iones sin retención.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

- Se evaluó el impacto ambiental sobre la matriz productiva del cantón Guamote producida por la caída de ceniza del volcán Sangay. En los medios físicos se tiene impacto bajo en los componentes agua y suelo. En el medio biótico existe impacto moderado en el componente fauna y en el medio social se presenta impacto alto en el componente actividades productivas.
- Se realizó la revisión ambiental de la zona de estudio, el cantón Guamote abarca una superficie de 117 327,60 hectáreas de suelo destinado para agricultura, con 41931.14 ha de pendientes colinadas, enriquecidas por los ríos Guayas, Yaguachi, Chambo, Pastaza, Upano, Palora, y Santiago. Sin presencia de fuentes fijas significativas de contaminación del aire. Presenta flora arbórea en mayor extensión, destacando paja, tuna, capuli, arrayan, yagual y tipo; La fauna es muy pobre en extensión, pero prevalecen especies mamíferas como zorro, llamingos, alpacas, chucuri, raposa y ratón. Posee una densidad poblacional de 61.857 habitantes con difícil acceso a la educación, salud y servicios básicos ya que el índice de pobreza (NBI) corresponde a 94%.
- Se examinó la caracterización fisicoquímica de los suelos y la vegetación de cada una de las comunidades seleccionadas. Se caracterizó suelo y biomasa de las comunidades Cebadas cabecera, Ichubamba, Palmira Dávalos, Pull Chicho, Pull Quishuar, San José de Sabalog y San Pedro de Ayacón. Teniendo buen contenido de macronutrientes y micronutrientes gracias a la aplicación de Abono 18-46 por parte de los agricultores.
- Se determinó la contaminación por metales pesados que ha provocado la caída de ceniza sobre los suelos y biomasa de la zona. De todas las determinaciones solo se evidencia la presencia de níquel en la matriz suelo de los puntos de Cebadas cabecera, Ichubamba, Palmira Dávalos y Pull Quishuar. El níquel es un metal indispensable en el desarrollo de los organismos vivos, siempre y cuando se dosifiquen bajas cantidades.

RECOMENDACIONES

- Desarrollar programas de capacitación sobre el uso, almacenamiento y disposición final de los fertilizantes inorgánicos y pesticidas, con los moradores del lugar.
- Implementar un plan de manejo ambiental sobre la caída de ceniza en el cantón Guamate que permita orientar a los comuneros sobre las precauciones a considerar para su adecuada remoción.
- Realizar un seguimiento continuo de las concentraciones de los metales pesados que se obtuvieron en las comunidades seleccionadas para evitar futuros impactos sobre la matriz suelo – biomasa.
- Realizar evaluaciones periódicas de la capacidad absorbente del suelo frente metales pesados, para de esta manera garantizar la seguridad alimentaria, además realizar un análisis de nutrientes para conocer si existen deficiencias o excesos en los cultivos.
- Calcular los factores de bioconcentración (BCF), translocación (TF) y biotransferencia (BTF) ya que son componentes de gran ayuda para evaluar el paso de los diferentes contaminantes a través de la cadena trófica.
- Evitar el uso en exceso de fertilizante Abono 18-46 ya que puede alterar la fertilidad del suelo a largo plazo.
- Incrementar la periodicidad de riego en los cultivos de la zona para de esta manera reducir las sales concentradas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

BARRADAS, J. (2010). Propiedades nutricionales y medicinales de los hongos comestibles. *Saberes compartidos. Revista de divulgación científica, tecnológica y humanística*, 6-19. Disponible en: http://concytep.puebla.gob.mx/images/docs/revista/revista_saberes_anio04_num05.pdf

BIO, C. (2015). *¿Cómo afectan las cenizas a los animales y las plantas?* Disponible en: <https://www.revistachacra.com.ar/nota/como-afectan-las-cenizas-a-los-animales-y-las-plantas/>

BORJA, L., & SEGURA, W. (2018). *Obtención del micelio infinito por fermentación sólida.* Recuperado de: <http://www.bibliotecasdeecuador.com/Record/oai:localhost:123456789-1492>.

CASTILLO, J. L. La presión antrópica y sus consecuencias en el páramo del cantón guamote provincia de Chimborazo [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica del Ecuador 2019. [Consulta: 5-06-2022]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17617/La%20presi%C3%B3n%20antr%C3%B3pica%20y%20sus%20consecuencias%20en%20el%20p%C3%A1ramo%20del%20cant%C3%B3n%20Guamote.pdf?sequence=1>

CHEJÍN, S. R. *Así afecta la caída de ceniza volcánica a los cultivos.* [Consulta: 5 de Junio de 2022], de [Blog]. Disponible en: <https://gk.city/2021/03/12/efectos-ceniza-volcanica-cultivos/>

CHEWIN, N. (2010). Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles. *Influencia del sustrato utilizado para el crecimiento de hongos comestibles*, 169-179. Recuperado el 23 de Octubre de 2021

CIANCAGLINI, N. *Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico.* Disponible en: INTA EEA: [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\(R-001\)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf](http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20(R-001)-%20Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf)

CISNEROS, S. P. (4 de Mayo de 2017). *Pobreza, ruralidad y gestión del Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Chimborazo.* Disponible en: Creative Commons 3.0 Ecuador: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/5569/1/T2255-MGDE-Herrera-Pobreza.pdf>

COITIÑO LÓPEZ J. B. M. (2015). *Conductividad eléctrica aparente para delimitar zonas de manejo en un suelo agrícola con reducida variabilidad en propiedades físico-químicas*. Disponible en: Departamento de Producción Vegetal, Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Ruta 3 km 363, Paysandú 60000, Uruguay: http://www.scielo.edu.uy/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2301-15482015000100012

GAMARRA LEZCANO, M. I. (2017). *Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 9 (46): Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v9n46/2007-1132-remcf-9-46-4.pdf>

DÍAZ, P. U. (2020). *Dosis de corrección de fósforo y enmiendas calcáreas*. Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA: Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/8523/NR25015.pdf?sequence=10&isAllowed=y>

TOMÁS CASELLI, L. M. (2011). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANTE CAIDA DE CENIZAS VOLCÁNICAS*. [Consulta: 5 Junio 2022] , de Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires: http://www.fcen.uba.ar/cenizas/Manual_Cenizas_2011.pdf

ESPINOZA, R. B. (2017). *Universidad Nacional Agraria y Catholic Relief Services*. Guía Técnica para Muestreo de Suelos. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

FAGRO. (2022). *El Sodio, un enemigo silencioso en la agricultura*. Disponible en: <https://blogdefagro.com/2022/08/02/el-sodio-un-enemigo-silencioso-en-la-agricultura/>

FAO. (2019). *Propiedades Físicas del Suelo*. Disponible en: Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura.: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/#:~:text=La%20densidad%20real%2C%20de%20las,est%C3%A1%20alrededor%20de%20%2C65>.

FERTILAB. (2020). *Comportamiento del Cloro (Cl) en los Suelos y Plantas*. Disponible en: <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Comportamiento%20del%20Cloro%20en%20Suelos%20y%20Planta.pdf>

FREUNDT, ESPINOSA, P. (2003). Producción y Comercialización de hongos comestibles para el Mercado Nacional e Internacional. *Universidad de Piura*. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1314/ECO_013.pdf;jsessionid=A06DF2134994847AA8D493F735D8D31B?sequence=4

G.G, Á. (2020). *El sodio y su importancia en el crecimiento vegetal*. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/sodio-agricultura>

G.J, Á. (2019). *El fósforo y su importancia en el crecimiento vegetal*. Disponible en: <https://www.fertibox.net/single-post/fosforo-agricultura>

GAIBAQ. (2023). *Métodos y Procedimientos de ensayo para Caracterización/Análisis de Suelos, Residuos Orgánicos y Compost en Laboratorio*. Riobamba - Ecuador: Grupo Asociado de Investigación en Biotecnología, Ambiente y Química.

GÓMEZ, V. (2019). *Matriz de Leopold: para qué sirve, ventajas, ejemplos*. [Consulta: 5 Junio 2022]. Disponible en: <https://www.lifeder.com/matriz-de-leopold/>

GUAMOTE, G. (2013). *Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Guamote*. [Consulta: 5 Junio 2022]. Disponible en: <https://www.gadguamote.gob.ec/index.php/gadmc-g/plan-de-desarrollo1/pdot-guamote-2019-2023/3305-pdot-guamote-2019-2023/file>

HERNÁNDEZ, M. A. (2016). *EFECTOS AMBIENTALES DE LAS CENIZAS VOLCÁNICAS*. [Consulta: 29 mayo de 2022], de Instituto de Geofísica, UNAM: https://www.inegi.org.mx/eventos/2011/Grupos_Vulnerables/doc/1Cenizasriesgo_10_50_aurora_armienta_opt.pdf

HERNÁNDEZ, S. (2018). *Ecología Hoy*. Disponible en: Tipos de Suelo: <https://www.ecologiahoy.com/tipos-de-suelos>

HEROGRA. (2022). *El cobre y su importancia en la agricultura*. Disponible en: HeroGra Especiales S.L. : <https://herograespeciales.com/el-cobre-y-su-importancia-en-la-agricultura/>

HIDALGO, R. (2017). *Universidad de la Central*. Disponible en: Método Battelle - Columbus: <https://bibliotecavirtualaserena.files.wordpress.com/2018/02/clase-5b-mc3a9todo-battelle-columbus.pdf>

IGE. (2020). *SANGAY*. [Consulta: 29 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.igepn.edu.ec/sangay>

INTA. (2019). *Manejo de Suelos*. [Consulta: 5 Junio 2022]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-tcnicas_de_toma_y_remisin_de_muestras_de_suelos.pdf

INTAGRI. (2017). *Fijación de Potasio en el Suelo*. Disponible en: GreenHow: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/fijacion-de-potasio-en-el-suelo>

JOSHELINE, G. (2018). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Recuperado el 5 de Junio de 2022, de larioja.org: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/prevencion-control-ambiental/evaluacion-impacto-ambiental>

K., B. S. (2020). *Técnicas de aprovechamiento ambiental establecidas a través del estudio de caracterización de los residuos agroindustriales de la parroquia San Andrés*. Riobamba - Ecuador: ESPOCH.

LABISER. (2020). *NITRÓGENO. CONCENTRACIONES ADECUADAS EN SUELO Y HOJA*. Disponible en: Elemento Fundamental: <https://labiser.es/importancia-del-nitrogeno-en-el-suelo-y-la-hoja/#:~:text=Las%20concentraciones%20en%20suelo%20deben,horquilla%20entre%208%20y%2014.>

LÓPEZ, H. (2016). *Proyecto de Desarrollo Integrado de la Región Oriental de Panamá - Darién*. Disponible en: Clasificación de los suelos según su capacidad de uso: <https://www.oas.org/dsd/publications/unit/oea30s/ch028.htm#:~:text=Estas%20son%3A%20a%20Tierras%20apropiadas,para%20fines%20agropecuarios%20ni%20explotaci%C3%B3n>

LLAMBÍ, A. S.-W. (2012). *Ecología, Hidrología y Suelos de Páramos*. [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56480.pdf>

M.DE LOS ÁNGELES LLINARES, R. O. (2015). *RIESGO VOLCÁNICO*. [Consulta: 05 junio 2022]. Disponible en: <https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/VLC-Guia-Riesgo-Volcanico.pdf>

MARRISON, S. (2020). How To Make Liquid Culture For Mushroom Growing. Disponible en: <https://archersmushrooms.co.uk/how-to-make-liquid-culture-for-mushroom-growing/>

MAURISACA, N. E. (2011). *Estudio estadístico de la calidad del agua para consumo doméstico en sus características: físicas, químicas y bacteriológicas en el sector rural del cantón guamate.* Disponible en: <https://biblioteca.esPOCH.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=46106>

MISAEEL, J. F. (2016). Prevalencia de patologías musculoesqueléticas en unidades de salud públicas y privadas de los cantones colta y guamate de la provincia de Chimborazo. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25972/2/proyecto%20final%20corregido.pdf>

NUÑEZ, L. T. (2015). *Acuerdo Ministerial 097.* Disponible en: Ministerio del Ambiente Edición Especial N° 387 - Registro Oficial: https://www.gob.ec/sites/default/files/regulations/2018-09/Documento_Registro-Oficial-No-387-04-noviembre-2015_0.pdf

ORJUELA, H. B. (2018). *El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático.* REVISTA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Volumen 34(1):82-96. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcia/v35n1/0120-0135-rcia-35-01-00082.pdf>

PETRE, M., & PETRE, V. (2016). Biotechnology of Mushroom Growth Through Submerged Cultivation. *Mushroom Biotechnology*, 1-18. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802794-3.00001-1>

POVEDA, F. C.-P. (2005). *La toxicidad por exceso de Mn y Zn disminuye la producción de materia seca, los pigmentos foliares y la calidad del fruto en fresa (Fragaria sp. cv. Camarosa).* Agronomía Colombiana 23(2): 283-289. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v23n2/v23n2a13.pdf>

QUIZHPILEMA, L. (2013). "Validación de la tecnología para la producción e industrialización de hongos comestibles pleurotus ostreatus utilizando sustratos orgánicos". *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo*, 19-23. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2944/1/27T0219.pdf>

TITO, B. (2020). *Muestreo de suelos: tipos, técnicas, importancia, guías, materiales.* Ingeniería Ambiental. Disponible en: <https://ingenieriaambiental.net/muestreo-de-suelos/>

UNNOBA. (2018). *Determinación de la Capacidad de Intercambio Catiónico.* Universidad Nacional Noroeste de Buenos Aires. Disponible en: https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/proinsa/informes/_archivos/002012_Ronda%202012/000300_Lic.%20Fabio%20L.%20Abrego%20-%20UNNOBA/000300_Determinaci%C3%B3n%20de%20CIC.pdf

USER, S. (2019). *GUAMOTE PUEBLO ORIGINARIO.* [Consulta: 03 junio 2022]. Disponible en: <https://www.gadguamote.gob.ec/guamote/historia.html?start=4>

VALERO, S. G. (2016). *INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS.* Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación Num 5/93 HD. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf

VIVAS, H. V. (2019). *¿Cómo aumentar el carbono orgánico del suelo?* XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Disponible en: <https://www.aapresid.org.ar/blog/como-aumentar-el-carbono-organico-del-suelo/#:~:text=La%20fertilizaci%C3%B3n%20con%20fosforo%20y,niveles%20elevados%20de%20carbono%20ed%20Al%20fco.&text=Las%20tecnolog%C3%ADas%20sustentables%20deben%20estar,rastrojos%20%20s>

W. BUYTAERT, R. B. (2017). *HIDROLOGÍA DEL PÁRAMO ANDINO: PROPIEDADES, IMPORTANCIA Y VULNERABILIDAD.* [Consulta: 05 junio 2022]. Disponible en: <https://paramo.cc.ic.ac.uk/pubs/ES/Hidroparamo2.pdf>





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: 30 / 06 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Cristian Orlando Allauca Paredes Richard David Andrade Altamirano
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

1089-DBRA-UPT-2023

