



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

**“EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO  
DE SUELO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA  
PARROQUIA LICTO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O AMBIENTAL**

**AUTORES:**

GUALLO PILATAXI MERY ALEXANDRA

ORTEGA CUJILEMA KEVIN FERNANDO

Riobamba – Ecuador

2023



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

**“EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO  
DE SUELO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA  
PARROQUIA LICTO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA/O AMBIENTAL**

**AUTORES:** GUALLO PILATAXI MERY ALEXANDRA

ORTEGA CUJILEMA KEVIN FERNANDO

**DIRECTOR:** ING. PAULINA FERNANDA BOLAÑOS LOGROÑO MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

**© 2023, Mery Alexandra Guallo Pilataxi & Kevin Fernando Ortega Cujilema**

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, Mery Alexandra Guallo Pilataxi y Kevin Fernando Ortega Cujilema, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Aquellos textos de otras fuentes están correctamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 5 de diciembre de 2023



**Mery Alexandra Guallo Pilataxi**  
**060478012-2**



**Kevin Fernando Ortega Cujilema**  
**060486602-0**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO DE SUELO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA PARROQUIA LICTO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO**”, realizado por la señorita: **MERY ALEXANDRA GUALLO PILATAXI** y el señor: **KEVIN FERNANDO ORTEGA CUJILEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del 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. Nancy Elizabeth Chariguamán Maurisaca  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2023-12-05

Ing. Paulina Fernanda Bolaños Logroño, Mgs  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-05

Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos  
**ASESOR DEL TRABAJO DE  
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-05

## **DEDICATORIA**

A Dios quien ha sido el ilumino y bendijo mi camino a lo largo de la trayectoria. Con todo mi cariño a mi familia, quienes son las personas que me inspiraron a cada día dar la mejor versión de mí y nunca dejarme decaer ni dar el brazo a torcer. A mis amigos que pude elegir, por estar y apoyarme en todo el trayecto recorrido.

Mery & Kevin

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por la vida y oportunidad de desarrollar como personas del bien, a nuestra familia y amigos que representan la base fundamental de crecimiento y apoyo en nuestra vida profesional. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitir formarnos con conocimientos científicos y técnicos, la Facultad de Ciencias y carrera de Ingeniería Ambiental por la majestuosa enseñanza, docentes por sus conocimientos de valor ética profesional impartidos en sus cátedras. A nuestra tutora Ing. Paulina Bolaños quien, con su capacidad, experiencia, paciencia y sobre todo amor supo guiarnos y transmitir todo su conocimiento para culminar con éxito nuestro proyecto de investigación.

Mery & Kevin

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.1 Planteamiento del problema.....	5
1.2 Objetivos.....	6
1.2.1 <i>Objetivo general</i> .....	6
1.2.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	6
1.3 Justificación.....	7

### CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Antecedentes de investigación.....	9
2.2 Referencias teóricas.....	12
2.2.1 <i>Suelo</i> .....	12
2.2.2 <i>Calidad de suelo</i> .....	12
2.2.3 <i>Características físicas del suelo</i> .....	14
2.2.4 <i>Características químicas del suelo</i> .....	14
2.2.5 <i>Características biológicas del suelo</i> .....	14
2.2.6 <i>Tipos de suelo</i> .....	14
2.2.7 <i>Textura del suelo</i> .....	15
2.2.8 <i>Densidad aparente</i> .....	16
2.2.9 <i>Suelos agrícolas</i> .....	16
2.2.10 <i>Suelos de bosques</i> .....	16
2.2.11 <i>Suelos de pasto</i> .....	16
2.2.12 <i>Uso de suelos</i> .....	17

<b>2.2.13</b>	<b><i>Fijación de carbono en el suelo</i></b> .....	17
<b>2.2.13.1</b>	<i>Captura de carbono en suelos</i> .....	17
<b>2.2.13.2</b>	<i>Secuestro del carbono en suelos</i> .....	18
<b>2.2.13.3</b>	<i>Ciclo del carbono</i> .....	18
<b>2.2.13.4</b>	<i>Carbono orgánico en el suelo (COS)</i> .....	19
<b>2.2.14</b>	<b><i>Materia orgánica</i></b> .....	20
<b>2.2.15</b>	<b><i>Descomposición del carbono</i></b> .....	21
<b>2.2.16</b>	<b><i>Métodos para la determinación del contenido de carbono en el suelo (COS)</i></b> .....	21
<b>2.2.16.1</b>	<i>Calcinación</i> .....	21
<b>2.2.16.2</b>	<i>Método de Walkley y Black</i> .....	22
<b>2.2.17</b>	<b><i>Métodos para identificación de cambios en la cobertura vegetal</i></b> .....	24
<b>2.2.17.1</b>	<i>Caracterización espectral</i> .....	24
<b>2.2.18</b>	<b><i>Sistemas de información geográfica</i></b> .....	24
<b>2.2.18.1</b>	<i>Imagen satelital</i> .....	24
<b>2.2.18.2</b>	<i>Landsat</i> .....	25
<b>2.2.19</b>	<b><i>Análisis multitemporal</i></b> .....	27
<b>2.2.19.1</b>	<i>ArcGis</i> .....	27
<b>2.2.19.2</b>	<i>USGS Earth Explorer</i> .....	27
<b>2.2.19.3</b>	<i>ANOVA</i> .....	28
<b>2.3</b>	<b>Normativa legal</b> .....	28

### CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	29
<b>3.1</b>	<b>Enfoque de investigación</b> .....	29
<b>3.1.1</b>	<i>Cualitativo y cuantitativo</i> .....	29
<b>3.2</b>	<b>Nivel de investigación</b> .....	29
<b>3.2.1</b>	<i>No experimental</i> .....	30
<b>3.3</b>	<b>Diseño de investigación</b> .....	30
<b>3.4</b>	<b>Selección y cálculo del tamaño de la muestra</b> .....	30
<b>3.4.1</b>	<b><i>Población de estudio</i></b> .....	30
<b>3.4.1.1</b>	<i>Población</i> .....	30
<b>3.4.1.2</b>	<i>Delimitar la población</i> .....	30
<b>3.4.2</b>	<b><i>Selección de muestra</i></b> .....	32
<b>3.4.2.1</b>	<i>Muestra</i> .....	32
<b>3.4.2.2</b>	<i>Cálculo de la muestra</i> .....	33

<b>3.4.3</b>	<b><i>Tamaño de muestra</i></b> .....	34
<b>3.4.3.1</b>	<b><i>Tamaño de la población</i></b> .....	34
<b>3.5</b>	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	36
<b>3.5.1</b>	<b><i>Materiales y métodos</i></b> .....	36
<b>3.5.1.1</b>	<b><i>Caracterización del lugar</i></b> .....	36
<b>3.5.1.2</b>	<b><i>Climatología</i></b> .....	39
<b>3.5.2</b>	<b><i>Métodos y técnicas</i></b> .....	40
<b>3.5.2.1</b>	<b><i>Métodos</i></b> .....	40
<b>3.5.2.2</b>	<b><i>Técnica</i></b> .....	41
<b>3.5.2.3</b>	<b><i>Materiales y equipos</i></b> .....	45

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	46
<b>4.1</b>	<b>Procesamiento y resultados</b> .....	46
<b>4.1.1</b>	<b><i>Características físico-químicos de los suelos</i></b> .....	46
<b>4.1.1.1</b>	<b><i>Características físicas</i></b> .....	46
<b>4.1.2</b>	<b><i>Relación el almacenamiento de carbono orgánico en los tres usos de suelo</i></b> .....	68
<b>4.1.3</b>	<b><i>Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo</i></b> .....	75
<b>4.1.3.1</b>	<b><i>Procesamiento digital de imágenes</i></b> .....	75
<b>4.1.3.2</b>	<b><i>Corte de zona de interés</i></b> .....	76
<b>4.1.3.3</b>	<b><i>Clasificación supervisada</i></b> .....	79
<b>4.1.3.4</b>	<b><i>Análisis multitemporal</i></b> .....	80

## CAPÍTULO V

<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	86
<b>5.1</b>	<b>Conclusiones</b> .....	86
<b>5.2</b>	<b>Recomendaciones</b> .....	86

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Parámetros para evaluar los criterios de calidad del suelo .....	13
<b>Tabla 2-2:</b> Matriz de descripción del suelo .....	14
<b>Tabla 2-3:</b> Clases de textura del suelo.....	15
<b>Tabla 2-4:</b> Porcentaje de materia orgánica en suelos agrícolas.....	20
<b>Tabla 2-5:</b> Característica imagen LandSat 4 y 5. ....	25
<b>Tabla 2-6:</b> Característica imagen LandSat 7 .....	26
<b>Tabla 2-7:</b> Característica imagen LandSat 8.....	26
<b>Tabla 3-1:</b> Comunidades de estudio.....	31
<b>Tabla 3-2:</b> Clasificación de las comunidades de la Parroquia Licto, ecosistemas presentes y facilidad de acceso.....	32
<b>Tabla 3-3:</b> Las 9 comunidades seleccionadas para el estudio .....	34
<b>Tabla 3-4:</b> 25 comunidades de la parroquia Licto, 8 de la zona alta, 11 de la zona media y 6 de la zona baja. ....	37
<b>Tabla 3-5:</b> Valores de acidez y alcalinidad del suelo .....	42
<b>Tabla 3-6:</b> Textura y tipos de suelos, con relación del porcentaje de arena-limo-arcilla.....	43
<b>Tabla 4-1:</b> Color de tres tipos de suelos a diferentes profundidades (10, 30, 60 cm). ....	46
<b>Tabla 4-2:</b> Valores estadísticos, en profundidad de muestreo 0-10, 30 y 60 cm, de humedad en los tres sistemas de uso de suelo, a tres zonas altitudinales diferentes. ....	49
<b>Tabla 4-3:</b> Valores estadísticos, en profundidad de muestreo 0-10, 30 y 60 cm, de densidad aparente en los tres sistemas de uso de suelo, a tres zonas altitudinales diferentes	52
<b>Tabla 4-4:</b> Características físicas “Textura” de los suelos de la parroquia Licto.....	55
<b>Tabla 4-5:</b> Análisis estadístico de pH. ....	56
<b>Tabla 4-6:</b> Análisis estadístico de Conductividad eléctrica .....	59
<b>Tabla 4-7:</b> Análisis estadístico de Materia Orgánica .....	62
<b>Tabla 4-8:</b> Análisis estadístico de Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{CM}$ ).....	65
<b>Tabla 4-9:</b> Promedio de Carbono Orgánico de Suelo a tres profundidades. ....	68
<b>Tabla 4-10:</b> Prueba de normalidad Shapiro Wilks para comparación de análisis estadísticos de Carbono Orgánico del Suelo.....	68
<b>Tabla 4-11:</b> Correlación del COS con la variación de la altitud y profundidad de la zona alta pasto. ....	70
<b>Tabla 4-12:</b> Correlación del COS con la variación de la altitud y profundidad de la zona alta agrícola.....	71

<b>Tabla 4-13:</b> Correlación del COS con la variación de la altitud y profundidad de la zona alta bosque .....	71
<b>Tabla 4-14:</b> Coeficiente de correlación de zona media de suelos pastos .....	72
<b>Tabla 4-15:</b> Coeficiente de correlación de la zona media de suelos agrícolas .....	72
<b>Tabla 4-16:</b> Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de bosque .....	73
<b>Tabla 4-17:</b> Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de pasto .....	74
<b>Tabla 4-18:</b> Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de agrícola.....	74
<b>Tabla 4-19:</b> Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de bosque .....	75
<b>Tabla 4-20:</b> Área de cobertura de uso de suelo "invierno" .....	81
<b>Tabla 4-21:</b> Área de cobertura de uso de suelo "invierno" .....	83

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 3-1:</b> Ubicación de las comunidades a muestrear de la parroquia Licto .....	31
<b>Ilustración 3-2:</b> Ubicación de puntos de muestreo .....	35
<b>Ilustración 3-3:</b> Ubicación geográfica de la parroquia Licto .....	37
<b>Ilustración 3-4:</b> Comunidades de la parroquia Licto .....	38
<b>Ilustración 4-1:</b> Gráfico de puntos de dispersión de humedad .....	50
<b>Ilustración 4-2:</b> Representación gráfica del porcentaje de humedad mediante barras.....	51
<b>Ilustración 4-3:</b> Gráfico de densidad aparente.....	53
<b>Ilustración 4-4:</b> Representación gráfica del porcentaje de Densidad aparente mediante barras	54
<b>Ilustración 4-5:</b> Representación gráfica de valores medios de pH mediante barras .....	58
<b>Ilustración 4-6:</b> Gráfico de Conductividad eléctrica CE (dS/m) .....	60
<b>Ilustración 4-7:</b> Representación gráfica de medias de conductividad eléctrica (dS/m) mediante barras.....	61
<b>Ilustración 4-8:</b> Gráfico de materia orgánica.....	63
<b>Ilustración 4-9:</b> Representación gráfica del porcentaje de Materia Orgánica mediante barras .	64
<b>Ilustración 4-10:</b> Gráfico de carbono orgánico.....	66
<b>Ilustración 4-11:</b> Representación gráfica del Carbono Orgánica del suelo mediante barras .....	67
<b>Ilustración 4-12:</b> Gráfico de carbono orgánico de suelo en diferentes usos de suelo.....	70
<b>Ilustración 4-13:</b> Corte de la zona de interés del año 1990-2000 “Invierno” .....	76
<b>Ilustración 4-14:</b> Corte de la zona de interés del año 1990-2000 “Verano” .....	77
<b>Ilustración 4-15:</b> Corte de la zona de interés del año 2000-2010 “Invierno” .....	77
<b>Ilustración 4-16:</b> Corte de la zona de interés del año 2000-2010 “Verano” .....	78
<b>Ilustración 4-17:</b> Corte de la zona de interés del año 2010-2020 “Invierno” .....	78
<b>Ilustración 4-18:</b> Corte de la zona de interés del año 2010-2020 “Verano” .....	79
<b>Ilustración 4-19:</b> Cobertura de uso de suelo del año 1990-2000 “Invierno” .....	81
<b>Ilustración 4-20:</b> Cobertura de uso de suelo del año 2000-2010 “Invierno” .....	82
<b>Ilustración 4-21:</b> Cobertura de uso de suelo del año 2010-2020 “Invierno” .....	82
<b>Ilustración 4-22:</b> Cobertura de uso de suelo del año 1990-2000 “Verano” .....	84
<b>Ilustración 4-23:</b> Cobertura de uso de suelo del año 2000-2010 “Verano” .....	84
<b>Ilustración 4-24:</b> Cobertura de uso de suelo del año 2010-2020 “Verano” .....	85

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

- ANEXO A:** ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO
- ANEXO B:** ANÁLISIS QUÍMICOS DE MUESTRAS DE SUELO
- ANEXO C:** EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS EN CAMPO
- ANEXO D:** TOMA DE MUESTRAS
- ANEXO E:** ANÁLISIS FÍSICOS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO
- ANEXO F:** ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS

## RESUMEN

La parroquia de Licto sufre problemas de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal, produciendo impactos ambientales como degradación ambiental, pérdida de cobertura vegetal. Por lo que se evaluó el carbono orgánico y cambios de uso de suelo mediante análisis multitemporal de la parroquia Licto, provincia de Chimborazo. La metodología implementada fue cualitativa y cuantitativa, aplicando el método deductivo comprobando porcentajes de Carbono Orgánico (% CO), también se aplicó el estudio inductivo determinando factores que inciden en el cambio de uso de suelo. Se obtuvo el % CO en la zona alta, el cual presentó un mayor porcentaje en los suelos de bosques a 10 cm con  $3,39 \text{ g. cm}^{-2}$ , en 30 y 60 cm los suelos agrícolas presentaron 2,48 y  $2,58 \text{ g. cm}^{-2}$ . En la zona media presentó un mayor porcentaje en los suelos de bosque a 10 cm con  $3,46 \text{ g. cm}^{-2}$ , a 30 cm fue mayor en los suelos de pasto con  $2,70 \text{ g. cm}^{-2}$ , y a 60 cm fue mayor en los suelos de pasto y agrícolas con  $2,63 \text{ g. cm}^{-2}$ . En la zona bajas a 10 cm fue mayor en los suelos de bosque con  $2,97 \text{ g. cm}^{-2}$ , 30 cm el suelo pasto con  $2,25 \text{ g. cm}^{-2}$  y a 60 cm con  $2,00 \text{ g. cm}^{-2}$ , las muestras de cobertura de suelo en el periodo de invierno presentaron pérdida de área en el pasto, en el periodo de verano la zona agrícola presentó incremento de área en el periodo 1990 hasta 2020. Se caracterizó los usos de suelos y análisis multitemporal de las tres zonas de la parroquia, el %CO fue más presente en la zona baja de la parroquia, mientras los análisis multitemporales mostraron un aumento en la clase II agrícola por el incremento de la población siendo esta una de las principales actividades que se realiza en la parroquia.

**Palabras clave:** <ANÁLISIS MULTITEMPORAL>, <CARBONO ORGÁNICO>, <DEGRADACIÓN AMBIENTAL>, <MATERIA ORGÁNICA>, <USO DE SUELO>.

0378-DBRA-UPT-2024

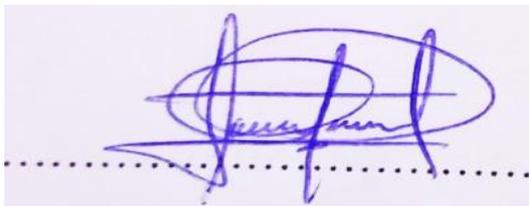


## ABSTRACT

Licto town suffers problems of land use and vegetation cover change, producing environmental impacts such as environmental degradation and loss of vegetation cover. Therefore, organic carbon and land use changes were evaluated through a multitemporal analysis in Licto town situated in Chimborazo province. The methodology implemented was qualitative and quantitative, applying the deductive method verifying percentages of organic carbon (%OC). Also, the inductive study was applied to determine factors that affect the change in land use. The % OC was obtained in the high zone, which presented a higher percentage in forest soils a 10 cm with  $3.39 \text{ g. cm}^{-2}$ . In 30 and 60 cm, the agricultural soils presented  $2.48$  and  $2.58 \text{ g. cm}^{-2}$ . In the middle zone, it presented a higher percentage in forest soils at 10 cm with  $3.46 \text{ g. cm}^{-2}$ . At 30 cm, it was higher in pasture soils with  $2.70 \text{ g. cm}^{-2}$ , and at 60 cm it was higher in pasture and agricultural soils with  $2.63 \text{ g. cm}^{-2}$ . In the lower zone, at 10 cm it was higher in the forest soils with  $2.97 \text{ g. cm}^{-2}$ . At 30 cm, it was in the pasture soil with  $2.25 \text{ g. cm}^{-2}$ , and at 60 cm with  $2.00 \text{ g. cm}^{-2}$ . The soil cover sample showed a loss of area in the pasture in the winter. In the summer, the agricultural zone showed an increase in area. Within the period 1990 to 2020, Soil use and multitemporal analysis of the three zones of the town were characterized. The %CO was more present in the lower zone of the town, while the multitemporal analysis showed an increase in the agricultural class II due to the increase in the population. This is one of the main activities carried out in the town.

**Keywords:** <MULTITEMPORAL ANALYSIS>, <ORGANIC CARBON>, <ENVIRONMENTAL DEGRADATION>, <ORGANIC MATTER>, <LAND USE>.

0378-DBRA-UPT-2024



Ing. Romel Francisco Calles Jiménez Mgr.

CI: 0603877713

## INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) da a conocer que el clima está cambiando considerablemente, demuestran que las actividades humanas aumentan la concentración de carbono mismas que son las principales causantes de emisiones de gases de efecto invernadero, que aumenta  $1,1^{\circ}\text{C}$  y se predice que la temperatura alcance de forma global a  $1,5^{\circ}\text{C}$  alterando el clima con una probabilidad de llegar a  $1,7^{\circ}\text{C}$  lo cual altera la salud y ecosistemas naturales (ONU, 2021). El aumento de temperatura de  $1,5^{\circ}\text{C}$  a  $1,7^{\circ}\text{C}$  indica que los defectos del clima serán más nocivos para todo el planeta (ONU, 2022).

Por otro lado las zonas más afectadas por el cambio climático se menciona Sudamérica, mismos que están sufriendo fenómenos climáticos, inundaciones, sequías, disminución de cultivos, incendios forestales, olas calor de forma más frecuente y con mayor potencia, explica Ramon Cruz presidente de Sierra Club (Belchi, 2021), esto debido a que en las últimas décadas las diferentes actividades antropogénicas van generando cambios al medio en que vivimos, principalmente al recurso suelo, como; tala de árboles o deforestación, las actividades agrícolas que se desarrolla de forma inadecuada, la ganadería mediante el pastoreo, la urbanización, cambio de uso de suelo, agricultura, todas estas actividades están siendo cada vez más intensivos con usos de químicos que aplican al suelo en caso de la agricultura para obtener alimentos de calidad, esto lleva a una pérdida del recurso natural irrecuperable (Correa, 2009).

Ecuador uno de los países que ha perdido gran parte de sus glaciares en los últimos 30 años, dentro de ellas se identifica el Carihuairazo debido a que perdió el 92% de la cobertura glaciaria entre los años 1956 y 2018, varias especies se encuentran en peligro de extinción por el alza de temperatura, dentro de ellas se encuentra especies de género *Anopheles* y *Lutzomyia* (Andrade, 2019). El país en el 2008 presentaba una superficie con bosque nativo de aproximadamente 13,038.367 ha, mismo que para el 2014 paso a 12,753.387 ha, dando como promedio de deforestación de 47,497 ha/año, debido a la transformación de bosques a áreas agropecuarias, como: cultivos y pastos (Vladimir, 2020). En el año 2008, el país tenía una superficie de bosque nativo de 13.038.367 ha, la cual se redujo para el año 2014, a 12.753.387 ha; estos datos señalan que la deforestación neta promedio fue de 47.497 ha/año, impulsado por cambios de uso del suelo, es decir, por la transformación de áreas de bosques en áreas agropecuarias, específicamente en cultivos y pastos, esto lleva en una primera instancia, a considerar que la primera causa de deforestación en el Ecuador es la ampliación de la frontera agrícola (MAE, 2017). La provincia de Chimborazo se caracteriza por su volcán representativo, mismo que en los últimos 40 años su cobertura de hielo ha disminuido a un 38% (Alarcón, 2019). Muchos de los productos agrícolas

dependen de la climatología, en caso de alteraciones de temperatura o precipitación la producción agraria es afectada, alterando los suelos y las cuencas hidrográficas del mismo lugar (Bustamante, 2017). El aumento de carbono en la atmósfera incrementa el cambio climático, mismo que afecta a todos los países del mundo, la economía nacional, vidas de los seres vivos, el nivel de mar está subiendo, todo esto a causa de las concentraciones de Carbono en sus formas tóxicas de metano y dióxido de carbono que afectan la atmósfera y aumentan el calor (Hernández et al., 2019).

Las actividades antropogénicas tienen consecuencias en cuanto a la problemática ambiental debido a que incrementa las concentraciones de CO<sub>2</sub> en la atmósfera por los cambios de uso de suelo, presentándose como una amenaza para el planeta Tierra, este problema se presentó de interés por las organizaciones mundiales y tomaron medidas para contrarrestar este problema, según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) da a conocer que en el año 2019 las emisiones de gases de efecto invernadero vuelven a crecer situándose como los valores más altos a través de la historia, esto cada vez es más preocupante, (ONU, 2020). Dentro de este problema ambiental como medio de mitigación se encuentran los suelos agrícolas los cuales son catalogados como principales dentro del cambio climático por la gran cantidad de C que secuestran, de esta forma disminuyen las concentraciones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera (Medina, 2008). En otros estudios se da a conocer que el aumento en actividades como la deforestación, el pastoreo y la agricultura incrementa la liberación de carbono orgánico hacia la atmósfera, el cual acelera el calentamiento global presentándose como un problema global a nivel mundial (Belchi, 2021).

En las investigaciones recientes se da a conocer que el carbono orgánico se almacena en forma sólida estable, a través de la fijación directa e indirecta de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, en el suelo a través de reacciones químicas en forma de carbonatos, indirectamente se fija en las plantas para la fotosíntesis que en estado de descomposición pasará al estado de biomasa y mediante la fase de humificación se incorpora al suelo, (Gasteiz, 2013). El porcentaje de carbono orgánico depende de la humedad edáfica, temperatura de aire, suelo y el tipo de cobertura vegetal, considerando al suelo como un reservorio de Carbono según (Gomez et al., 2003). El porcentaje de almacenamiento de carbono orgánico también dependerá de la altitud (Huamán et al., 2021). El cambio de uso de suelo altera de forma la cubierta vegetal del suelo provocando cambios en cuanto a sus propiedades físicas, químicas, biológicas y microbiológicas, al aportar MO (Materia Orgánica), aumenta la fertilidad, retención de agua, disminuye el riesgo de sufrir erosión, (Perez, 2019).

En el artículo de investigación realizado por European Environment Agency se da a conocer que el cambio climático es el resultado del mal uso de los suelos y los diferentes cambios de usos de la Tierra que se dan, estas actividades que se o tratamientos del buen o mal manejo del suelo

puede acelerar o ralentizar el fenómeno de cambio climático, dando a conocer la importancia de preservar y restaurar los ecosistemas de nuestra localidad, dejando que la naturaleza capture el carbono de la atmosfera (EEA, 2019).

Los agricultores realizan grandes esfuerzos para producir alimentos de calidad mismos que dejan una marca negativa en el ambiente, la labranza extensiva, quema de restos agrícolas, magnifican pérdidas de fertilidad y almacenamiento de carbono orgánico, llevando a los suelos al proceso de erosión, otro de los factores que influyen en este problema son los costos de producción debido a que conlleva al uso constante de fertilizantes los cuales siguen en aumento y uno ineficiente de los mismos (Verhulst et al., 2018).

Según el artículo de Ruiz et al. (2020), titulado “Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo en un área protegida de Nicaragua, Centroamérica”, se pudo detectar cambios de uso de suelo entre diferentes fechas, deduciendo cambios en la cobertura Terrestre a causa de la acción humana, en las que se puede identificar el estado de fragmentación del paisaje de conversión de recubrimiento boscosos a espacios ganaderos y agrícolas. La evaluación multitemporal del uso de suelo son procesos de teledetección del Sistema de Información Geográfica (SIG), donde se aplica satélites como el Landsat 4, 7 y 8, a través de la cual podemos identificar la evolución y grado de afección de los suelos a través de los tiempos (Camargo, et al., 2014).

Gran parte de los suelos de la Parroquia Licto son de uso agrícola con aproximadamente 36.39 km<sup>2</sup> de área, para lo cual hacen uso indiscriminado de fertilizantes en grandes cantidades, afectando a la salud de los mismos agricultores, este uso es más visible en las comunidades de las zonas bajas, el área para vivienda es de 16 km<sup>2</sup>, para cobertura de bosque es de 7.26 km<sup>2</sup> con la especie introducida de eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis Dehnh*), afloramiento rocosos 0.02 km<sup>2</sup>, invernaderos es de 0.12 km<sup>2</sup>, un factor contaminante que se visualiza en las quebradas de las comunidades de las zonas bajas de la parroquia son los residuos de los invernaderos, el área de suelos erosionados por el uso de agroquímicos, mal uso de abonos, contaminación por residuos orgánicos e inorgánicos es de 4.16 km<sup>2</sup>, el área de la cobertura de arbustos (no paramo) es de 1.76 km<sup>2</sup> cada vez va disminuyendo por el aumento de las fronteras agrícolas de los pobladores, (Guevara y Coello, 2019).

La finalidad del presente estudio es analizar el porcentaje de carbono orgánico y los cambios de usos de suelos agrícolas mediante el análisis multitemporal de la parroquia Licto en la cual analizaremos en tres zonas de la parroquia (alta, media, baja), con puntos específicos de acuerdo con el uso de suelo de 9 comunidades de la parroquia, los ecosistemas son; pasto, agrícola y

bosque en tres profundidades (0-10, 10-30, 30-60) para a través de este conocer, como el contenido de carbono orgánico va cambiando conforme pasa el tiempo y el uso del suelo de este.

El presente artículo a investigar se encuentra organizado en cinco capítulos, el capítulo I se da a conocer el problema de la investigación, limitación y delimitaciones, objetivos y justificación de hipótesis, el capítulo II se conceptualiza el marco teórico, mismo que incluye los antecedentes de la investigación, referencias teóricas, para el capítulo III que contiene marco metodológico del diseño, enfoque, nivel, diseño de investigación, tipo de estudio, métodos y técnicas de investigación, mientras que en el capítulo IV se da a conocer el marco de análisis e interpretación de resultados de la investigación que se realiza, por último se encuentra las conclusiones y las recomendaciones.

Para concluir se tomaron enfoques mixtos (cualitativas y cuantitativas) debido a que se pueden recolectar, procesar datos y analizarlos en un mismo estudio de esta investigación con procesos digitales de estudios geográficos del lugar, es un tipo de investigación de alcance correlacional debido a que vamos a relacionar variables con los resultados obtenidos (Ocampo, 2019).

El desarrollo de la investigación tiene relevancia para los pobladores de las comunidades de la parroquia Licto, beneficiando con conocimientos de problemas ambientales que se generan por un manejo inadecuado de los suelos en las prácticas agrícolas y ganaderas.

Así podemos ver que los cambios de uso de suelo desencadenan una serie de impactos ambientales que deterioran el ambiente, debido a los altos niveles de erosión, reducción de la cobertura vegetal, pérdida de capacidad productiva de los suelos, índices elevados de migración y disminución de la calidad de vida de los integrantes de las comunidades rurales, a causa de en un manejo agropecuario inadecuado que toma dos vías: la utilización de mayores áreas de producción agrícola y el abandono de terrenos afectados.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del problema

Uno de los principales problemas ambientales que afecta de forma global es el calentamiento global que afecta el almacenamiento de carbono en el suelo, debido a que aumenta la temperatura, por ende, el aumento de gases de efecto invernadero (GEI) mismo que desencadena alteraciones del suelo, produciendo erosión, en los últimos 100 años la concentración de CO<sub>2</sub> paso de 280 a más de 360 mg/kg de C y que más del 50% de este cambio se produjo después de 1950, a una tasa de 0,8mg/kg por año (Orjuela, 2018).

El carbono orgánico del suelo es el resultado de la dinámica del carbono global, formando parte del movimiento en vegetación, atmósfera y océano, el suelo funciona como un reservorio de carbono orgánico (COS), almacenando en el primer metro de suelo 1500PgC es más carbono que el contenido en la atmósfera el cual representa alrededor de 800PgC y la vegetación terrestre combinadas (Liesl, 2017). Está extraordinaria reserva de (COS) no es estática, por lo que tiende a moverse constantemente en una variedad de formas moleculares entre las diversas reservas que pueden verse significativamente alteradas, empeoradas o mejoradas, por cambios en la forma en que se utiliza y gestiona, afectando la estructura del suelo; pH (permite conocer la acidez en la solución del suelo lugar en la que las raíces obtienen nutrientes para su crecimiento), conductividad eléctrica (permite determinar la salinidad del suelo el cual disminuye el crecimiento de los cultivos por el exceso de uso de fertilizantes) obteniendo características distintas en los diferentes estratos de suelos que va afectando su textura, color (Toledo, 2016).

Los suelos de la parroquia de Licto sufren problemas de cambio de uso de suelo y cobertura vegetal, los cuales desencadenan una serie de impactos ambientales que conducen a la degradación ambiental por erosión severa, pérdida de cobertura vegetal, pérdida de capacidad productiva del suelo, altos índices de desplazamiento poblacional y la reducción de la calidad de vida de las comunidades que lleva a la subutilización de áreas de producción agrícola y al abandono de las tierras afectadas (Rodríguez, 2010).

Los suelos agrícolas se ven afectados por las diferentes actividades antropogénicas que se dan en la parroquia, la evaluación de carbono en los suelos agrícolas de la parroquia Licto es un estudio de investigación factible debido que se puede ingresar a diferentes áreas de estudio para recolectar

muestras, para el cual aplicaremos el método de muestreo compuesto que consiste en muestrear en tres puntos diferentes de cada comunidad; zonas pastoreo, zonas agrícolas, zonas boscosas, en cada punto tomaremos muestras a tres profundidades, de 0-15, 15 a 30 y de 30 a 60 cm. Los datos de las 25 comunidades de la parroquia Licto tendrán tres zonas diferentes de cada una de ellas, pero con ecosistemas en común que tienen las áreas de estudio, los datos a muestrear serán tomados y analizados de 9 comunidades basados en la selección de puntos de muestreo no probabilístico por conveniencia, la cual consiste en identificar las características comunes de la población a estudiar, el propósito del investigador, del planteamiento de estudio. Esta investigación es no experimental, el tiempo que se llevará a cabo será de 3 a 4 meses máximo, debido a la recolección de muestras y análisis de 81 muestras en laboratorios, el proceso de determinación y comparación de carbono orgánico de suelos lleva un tiempo de larga duración de aproximadamente 2 meses, para representar los resultados obtenidos será de un mes mediante el cual obtendremos los resultados del contenido de carbono orgánico en los diferentes estratos y zonas de los suelos de la parroquia Licto. Para el análisis multitemporal se realiza con tres periodos temporales de 1990 – 2000, 2000 – 2010 y 2010 – 2020, en dos estaciones (verano e invierno).

A partir del planteamiento del problema mencionado, este estudio dirige la siguiente pregunta:  
¿Cómo se ve afectado el contenido de carbono por las alteraciones del cambio de uso de suelo de la parroquia Licto durante el periodo de 30 años?

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo general***

- Evaluar el carbono orgánico y cambios de uso de suelo mediante análisis multitemporal de la parroquia Licto, provincia de Chimborazo.

### ***1.2.2 Objetivos específicos***

- Determinar las características físico - químico del suelo de la parroquia Licto.
- Relacionar el almacenamiento de carbono orgánico en diferentes suelos de la parroquia mediante el análisis estadístico.
- Realizar el procesamiento digital de las imágenes satelitales del cambio multitemporal del uso de suelos.

### 1.3 Justificación

El presente estudio de evaluación de carbono orgánico en suelos agrícolas de la parroquia Licto, se realiza por la necesidad de conocer la dinámica del carbono, como beneficia a la vegetación agraria y a través del análisis multitemporal conocer los cambios de uso de suelo debido a la actividad agropecuaria en el sector, realizar este tipo de investigación se considera verídico ya que no existe ningún tipo de estudio en esta área, ayudará a futuras investigaciones con fines de restauración del suelo.

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar al conocimiento existente sobre la dinámica del carbono orgánico en el suelo y como ha influido en el transcurso del tiempo, el carbono orgánico del suelo (COS) es fundamental en estudios de vegetación y cambio climático un componente importante del suelo y esencial para la vida de las plantas, se puede medir de varias maneras, incluyendo la combustión seca, la oxidación húmeda y la espectroscopía infrarroja. El COS juega un papel importante en el cambio climático ayudando a reducir los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera al almacenar el carbono en el suelo, existen varios factores que influyen en el cambio de carbono orgánico del suelo, como: la temperatura, la humedad, el pH y el tipo de suelo, cantidad de materia orgánica que se agrega al suelo también puede afectar la cantidad de carbono orgánico presente, ya que se estaría demostrando como las distintas actividades han influido en el uso del cambio del suelo (Burbano, 2018).

El presente proyecto de investigación es viable y factible debido a que se puede realizar y tomar muestras de diferentes puntos de la parroquia de fácil acceso, las muestras tomadas podrán ser analizadas en el laboratorio de la institución, el precio del análisis es económico, el análisis de uso de suelo mediante análisis multitemporal que conlleva el presente estudio para identificar y tratar información de incidencia en el territorio de al menos 30 años, mediante sensores remotos y técnicas especializadas de Sistemas de Información Geográfica (SIG); así como del trabajo en campo que requieren los procedimientos técnicos subsecuentes para validación de la información. Es importante recalcar que existen una gran cantidad de estudio de almacenamiento de carbono orgánico en diferentes usos de suelos, pero no se ha encontrado información de suelos agrícolas en las que se puede determinar la vida útil, a pesar de las aplicaciones de agroquímicos que degradan los suelos cuando algunos de sus componentes se van acumulando en las capas edáficas del suelo.

Hernández et al., (2013) señala que, en las muestras no probabilísticas, el procedimiento de elección de los elementos no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que

depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación. Elegir entre una muestra probabilística o una no probabilística depende del planteamiento del estudio, del diseño de investigación y de la contribución que se piensa hacer con ella. Para ilustrar lo anterior mencionaremos tres ejemplos que toman en cuenta dichas consideraciones.

Para conocer el contenido de Carbono orgánico en suelos, aplicaremos el muestreo compuesto no probabilístico en tres zonas (alta, media, baja) en varios puntos de cada comunidad de la parroquia, las muestras serán tomadas a tres diferentes profundidades (0-10, 10-30, 30-60 cm), para posteriormente trasladar al laboratorio y analizar; humedad, pH, conductividad eléctrica, carbono orgánico, materia orgánica, densidad aparente y textura, color, también aplicaremos sistemas de información geográfica que nos ayudara a obtener resultados digitales de cambio de uso de suelos de la parroquia presentes en las distintas estaciones del año (invierno y verano) mismo que nos proporcionará información que nos ayude a comprender las distintas zonas de vegetación las cuales serán reflejadas a través de mapas temáticos para tener un conocimiento de la realidad de los suelos agrícolas, en caso de seguir llevando la agricultura de forma irracional las consecuencias serán, degradación de suelos y probablemente infertilidad de suelos que producirá a una escases de alimento a un futuro.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes de investigación

Bermeo y Correa (2020), dan a conocer que el COS por su estructura química es dinámica, por ende, el suelo se convierte de sumidero a generadora de GEI, se aprecia que 1500 PgC de COS esta almacenada a 1 m de profundidad siendo mayor al contenido de la atmosfera el cual tiene 800 PgC, debido a que no es estático circula en diferentes formas moleculares, como; dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y metano (CH<sub>4</sub>), dentro de estos procesos también actúan las microbios foto y quimio autótrofos mismas que sintetizan el CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> atmosférico a materia orgánica (MO).

Barrales et al. (2022), en su investigación titulada “Carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades en una secuencia de perturbación y sitios de referencia” en el Estado de México, afirman que el carbono orgánico se encuentra generalmente a 1 m bajo nivel del suelo, mismos que son desestabilizados por actividades antropogénicos afirman que a medida que aumenta la profundidad disminuye la concentración de carbono, los cambios se pueden observar de 20 a 30 cm hasta un metro de profundidad dependiendo de la cobertura vegetal que se encuentre en el sitio de estudio, de esta forma analizaron en zonas de bosques primarios donde de 0-10 cm (59,2 g Kg<sup>-1</sup> C), 30 a 40 cm ( 15,6 g Kg<sup>-1</sup> C ) y de 90 a 100 cm (2,0 g Kg<sup>-1</sup> C ), secundarios donde de 0-10 cm (59,8 g Kg<sup>-1</sup> C), 30 a 40 cm ( 28,8 g Kg<sup>-1</sup> C ) y de 90 a 100 cm (4,3 g Kg<sup>-1</sup> C ), pastizal donde de 0-10 cm (42,9 g Kg<sup>-1</sup> C), 30 a 40 cm ( 15,6 g Kg<sup>-1</sup> C ) y de 90 a 100 cm (2,4 g Kg<sup>-1</sup> C ) y suelos agrícolas donde de 0-10 cm (21,5 g Kg<sup>-1</sup> C), 30 a 40 cm ( 16,1 g Kg<sup>-1</sup> C ) y de 90 a 100 cm (3,4 g Kg<sup>-1</sup> C).

En un estudio realizado por el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (2018), titulado como “Reservas de carbono orgánico en suelos de la llanura fluvial Calceta-Tosagua, Manabí, Ecuador”, afirma que los suelos influenciados por la agricultura han perdido alrededor del 50% de carbono orgánico dentro de una profundidad de 0 a 30 cm, también se evidencia que el contenido de carbono orgánico disminuye cuando aumenta la profundidad y tipo de suelo (INCA, 2018)

Según Burbano (2018), en su artículo científico “El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático”, da a conocer que el suelo es un reservorio de carbono que actúa por sus características físicas, ayuda en el equilibrio de entrada y salida de carbono orgánico de origen vegetal y animal, los suelos funcionan de acuerdo a la textura, clima y practicas antropogénicas,

el mal manejo de suelos afecta al contenido de carbono, a pasar de reservorio a emisor de Gases efecto invernadero (GEI), el carbono orgánico de los suelos disminuye con acuerdo a la profundidad, mismas que cambian con acuerdo a las modificaciones de la cobertura terrestre, en el estudio se encontró que existe mayor porcentaje de COS entre 20 a 30 cm, y los cambios de uso de suelo genera pérdidas de carbono de suelo, generando emisiones de GEI, da a conocer que la reforestación y silvicultura es una buena opción para el secuestro de carbono a largo plazo en el suelo.

Barresueta et al. (2020), en la investigación “ Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador” realizado por los mismos dan a conocer que el COS a varias profundidades en zonas pastizales de Santa Inés (SI) y Comuna Cune (CN) muestrearon suelo y biomasa radicular a 10, 20 30 cm de profundidad, obtuvieron resultados diferentes en cuanto a las mediciones de pH, como también la reserva de Carbono orgánico del suelo fue en Comuna Cuna con 33.44 Mg ha<sup>-1</sup>, para analizar de forma adecuada los resultados se sugiere un conocimiento adecuado de la geología del lugar.

De acuerdo con el artículo de Sosa y García (2019), la agricultura se ha vuelto la fuente principal de concentraciones de GEI; CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (óxido nitroso), se estima que las actividades agrícolas antropogénicas favorecen con alrededor de 22% de CO<sub>2</sub>, 55% de metano y 80% de óxido nitroso, productos de cambio de uso de suelos, quema de biomasa, deforestación, fertilización mineral nitrogenada, producción ganadera.

Según Adu et al. (2021), en su artículo “Estudio multitemporal del uso de la tierra Cambios en la cobertura de la tierra Int J Environ Sci Nat Res” afirman que las diferentes actividades antropogénicas dan lugar a un impacto negativo al cambio de uso de tierra y cobertura vegetal a nivel mundial, de esta forma afecta a los ecosistemas de bióticos y abióticos, realizar estudios dinámicos temporales del pasado, presente y futuro de la cobertura vegetal proporciona información para tomar medidas ambientales, de mitigación ambiental, como también de planificación territorial, para este estudio utilizan el sistema de información geográfica para mapear registros basados, actuales y futuras en base a las imágenes satelitales como; Landsat TM, Landsat ETM+, ALOS, Disaster Monitoring Constellation-DMC y SENTINEL, mismos que cubren la zona de estudio Greater Kumasi en un período de 40 años, en los cuales se consideraron zonas agrícolas, edificaciones de ciudades, bosques y agua, el estudio descubrió un desarrollo perturbador a un futuro de la pérdida de bosques (degradación forestal y deforestación), la disminución de las actividades y una creciente urbanización a expensas de la cubierta forestal y la transformación de tierras agrícolas en asentamientos humanos, en los mapas se pronostica que

para 2040 habrá un crecimiento ascendente en las áreas construidas, los resultados validan la necesidad urgente de una revisión crítica de las regulaciones en la estrategia, el diseño y el desarrollo de políticas para la protección de los bosques y otros servicios ecosistémicos críticos para su conservación, de esta forma los investigadores del presente artículo recomiendan que las organizaciones políticas tomen decisiones para garantizar la cobertura forestal, habilitar tierras para la agricultura y mitigar los efectos del cambio climático y desarrollar una producción sostenible a un presente y futuro, (Koranteng et al., 2021).

Por otro lado Gameiro et al. (2021), en el artículo “Análisis espacial multitemporal de los cambios en el uso y la cobertura del suelo en la subcuenca hidrográfica del Bajo Jaguaribe, Ceará, noreste de Brasil”, afirman que la agricultura está dentro del sistema de producción de acelerado crecimiento a nivel mundial las áreas agrícolas en la LJRSB también aumentaron, principalmente en las tierras perimetrales irrigadas, provocando una pérdida en la vegetación nativa de Caatinga. En resumen, en los últimos años se han notado cambios significativos en la región costera, ocasionados por un aumento de camaroneras ubicadas principalmente en las márgenes del río Jaguaribe, destruyendo el bosque nativo ribereño.

En la investigación titulada “Análisis multitemporal de cambios de uso de la tierra en San Fernando, Tamaulipas, durante el periodo 1987 a 2017” de Salinas et al. (2020), afirman que el cambio de uso suelo impacta de forma negativa a los factores climáticos y atmosféricos, el estudio realizado en México de 1987 a 2017 durante 3 décadas, se alteraron los procesos digitales para mejorar los resultados de cobertura vegetal y zonas agrarias, en las cuales se observó la reducción de cobertura vegetal (-6.53%) y la zona sin vegetación de (-1.71%), el uso agrícola (+7.61%), asentamiento humanos (+0.08%), todo este proceso se analizó mediante el satélite Landsat.

Azari et al., (2022), en su investigación titulada “Análisis multitemporal del cambio de cobertura del suelo pasado y futuro en el estado altamente urbanizado de Selangor, Malasia” da a conocer, entre los años 1999 a 2017 el área de cobertura de edificaciones aumento 608,8 Km<sup>2</sup> y suelos agrícolas 285,5 mk<sup>2</sup>, pero la cobertura vegetal disminuyó 831,8 km<sup>2</sup>, de acuerdo a los análisis de mapas se prevé que para el 2030 el uso de suelo aumentará más y la cobertura vegetal disminuirá.

Por otra parte, en unos de los estudios realizados por Llerena et al. (2021), en el Ecuador titulado como, “Análisis Multitemporal de Uso y Cobertura del Suelo dentro de un Bloque Petrolero en la Amazonía Ecuatoriana”, dan a conocer la Amazonia del Ecuador es uno de los lugares más reconocidos por su biodiversidad de fauna y flora, como también los campos petroleros mismos que requieren instalaciones, caminos, infraestructura, suministro de agua y energía eléctrica para

llevar a cabo el trabajo, estas actividades alteran la dinámica de la cobertura vegetal de la amazonia, para llevar a cabo el estudio se realizó mediante dos fases, la primera se recolección los datos dentro de la zona, en la segunda fase de calcula la superficie métrica del paisaje para caracterizar cuantitativamente cada clase, después de los análisis se evidencian la reducción del río Coca para el 2018.

De acuerdo a la investigación “Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático” realizada por Andrade et al. (2018), dan a conocer acerca del cambio climático presentándose como un problema mundial que afecta negativamente a los ecosistemas, como también a la reserva de producción faunística de Chimborazo, este problema se relaciona con las actividades antropogénicas del lugar, tales como; agricultura, pastoreo y ganadería, para determinar los cambios de uso de suelo hacen uso de imágenes satelitales LANDSAT 5 y 7, ortofotos y fotografías desde el año 1962 a 2010 separados por tres periodos, también se hace uso de cálculo de Índice Diferencial Normalizado de Vegetación (IDVI), en el primer periodo de 1962 a 1966 se obtiene un 0.26%, la nieve de 10.38%, a comparación del tercer periodo del 2010 a 2011, el porcentaje cambia drásticamente, incrementándose a un 9.54% y la nieve decrece a un 4.46%, evidenciándose los cambios significativamente.

Los suelos agrícolas en la superficie terrestre ocupan un 38% de los cuales el 12% es para cultivos y el 26% para pastizales, mismos que permiten el almacenamiento de 10% de carbono orgánico que contribuye con el 30 % de gases de efecto invernadero (Zamora et al., 2020).

## **2.2 Referencias teóricas**

### **2.2.1 Suelo**

Es un componente del medio natural que cubre la superficie del planeta, este material poroso contiene partículas de tamaños variables de 1  $\mu\text{m}$  hasta 2000  $\mu\text{m}$ , está constituido por materia orgánica, minerales micronutrientes mismos que desempeñar funciones biológicas (Villavicencio, 2022). El volumen del suelo está formado por 50 % de materiales sólidos mismo que comprende (45% de minerales y 5% de materia orgánica) y el 50 % de porosidad de la superficie (FAO, 2009).

### **2.2.2 Calidad de suelo**

Son suelos fértiles necesarios para buenas prácticas agrícolas, aportan nutrientes para el buen desarrollo de las plantas y capacidad del funcionamiento en ecosistemas, mejorando la calidad

del medio, agua, aire, la calidad de suelo dependerá de sus capacidades químicas, físicas y biológicas (Mariño et al., 2023). En el ANEXO 2 del TULSMA se da a conocer el lineamiento de calidad de suelo para su evaluación, los cuales deben encontrarse dentro de los siguientes parámetros:

**Tabla 2-1:** Parámetros para evaluar los criterios de calidad del suelo

Parámetro	Unidades (Concentración en peso seco de suelo)	Valor
<b>Parámetros Generales</b>		
Conductividad	mmhos/cm	2
pH		6 a 8
Relación de Adsorción de Sodio (Índice SAR)		4
<b>Parámetros inorgánicos</b>		
Arsénico (inorgánico)	mg/kg	5
Azufre (elemental)	mg/kg	250
Bario	mg/kg	200
Boro (soluble en agua caliente)	mg/kg	1
Cadmio	mg/kg	0.5
Cobalto	mg/kg	10
Cobre	mg/kg	30
Cromo Total	mg/kg	20
Cromo VI	mg/kg	2.5
Cianuro (libre)	mg/kg	0.25
Estaño	mg/kg	5
Flúor (total)	mg/kg	200
Mercurio	mg/kg	0.1
Molibdeno	mg/kg	2
Níquel	mg/kg	20
Plomo	mg/kg	25
Selenio	mg/kg	1
Vanadio	mg/kg	25
Zinc	mg/kg	60
<b>Parámetros orgánicos</b>		
Benceno	mg/kg	0.05
Clorobenceno	mg/kg	0.1
Etilbenceno	mg/kg	0.1
Estireno	mg/kg	0.1
Tolueno	mg/kg	0.1
Xileno	mg/kg	0.1

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: (TULSMA, 2017).

### 2.2.3 Características físicas del suelo

Las características físicas son en gran parte responsables del buen desarrollo de las plantas. Pero rara vez se tienen en cuenta. Porque generalmente solo se consideran las propiedades químicas. De hecho. Para encontrar el ambiente óptimo para el crecimiento de las plantas, debe haber una interacción dinámica entre las propiedades físicas. Suelos químicos y biológicos. Las propiedades físicas pueden ser: Básicas. Colores que no son de otras personas y pertenecen a este grupo. Qué como el nombre sugiere todos ellos están formados por la interacción de elementos básicos (Carvajal, 1997). Las propiedades físicas se ven representadas por: color, textura, estructura, porosidad, densidad, temperatura.

### 2.2.4 Características químicas del suelo

Las propiedades químicas del suelo son en todos se genera todos los procesos que ocurren en el suelo. El más importante es el intercambio iónico. Por fotosíntesis. Son los dos procesos más importantes en las plantas. Los cambios iónicos se pueden atribuir casi exclusivamente a la fracción de arcilla y materia orgánica. La capacidad de intercambio catiónico se define como la carga negativa del suelo expresada en meq/100g de suelo. Un aumento en el pH provoca un aumento en la carga negativa. Debido a la precipitación de aluminio (Corral, 2016). Las principales características son: pH, Capacidad de intercambio catiónico (CIC) y Disponibilidad de nutrientes.

### 2.2.5 Características biológicas del suelo

La biología del suelo es una ciencia que estudia los organismos vivos que actúan de determinada manera sobre la Tierra, modificando su composición, estructura y funciones. Los microorganismos y macroorganismos del suelo utilizan el carbono como fuente de energía y el nitrógeno para sintetizar proteínas y nutrientes que ayudan a mantener o mejorar las propiedades fisicoquímicas del suelo. (Carvajal, 1997).

### 2.2.6 Tipos de suelo

**Tabla 2-2:** Matriz de descripción del suelo

SIGLA	ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO
C	Entisol	Orthents	Ustorthents	Lithic Ustorthents
Ca	Inceptisol	Andepts	Durandeps	Entic Durandeps
Cn	Mollisol	Ustolls	Durustolls	Udic Durustolls
Cn-Cp	Mollisol	Ustolls	Durustolls	Udic Durustolls

Cu	Inceptisol	Andepts	Durandepts	Xeric Durandepts
Aro	No aplica	No aplica	No aplica	No aplica
Cb	Inceptisol	Andepts	Durandepts	Entic Durandepts
Cf-Ck	Mollisol	Udolls	Argiudolls	Lithic Argiudolls
Cc	Inceptisol	Andepts	Durandepts	Lithic Durandepts
Cy	Inceptisol	Andepts	Durandepts	Entic Durandepts
Cf	Mollisol	Udolls	Argiudolls	Lithic Argiudolls
Hb	Inceptisol	Andepts	Eutrandepts	Udic Eutrandepts

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** PDOT, 2019

La Tabla 2-2 describe las órdenes de clasificación de los suelos en función de los procesos de formación del suelo, hay 12 órdenes de suelo en total además de los subórdenes de suelo se determinan en función de los regímenes de humedad del suelo y las características.

### 2.2.7 Textura del suelo

El porcentaje del contenido mineral del suelo que todavía está presente y se lo conoce como textura, contienen fracciones de diferentes tamaños de partículas, en su granulometría o textura se establecen tres fracciones de tamaño de partícula: arena, limo y arcilla, (véase en la tabla 2-3) la cantidad de tierra fina (fracciones menores de 2 mm de tamaño), de partículas minerales en un suelo afecta su textura inorgánicos de diferentes tamaños (medidos como porcentajes en peso) formados por arena, limo incluye la arcilla, la frecuencia y el tamaño de numerosas reacciones físicas y químicas. y biológicos en los suelos son controlados por la textura porque ella determina. el área superficial donde tienen lugar las reacciones, así como la plasticidad. Permeabilidad, sencillez de cultivo, sequedad, fertilidad y productividad que varía según la región geográfica (Matus, 2000).

**Tabla 2-3:** Clases de textura del suelo

Nombre de los suelos	Contenido Porcentual (%)			Clase de contextura
	Arena	Limo	Arcilla	
Suelo Arenoso (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-13	0-15	Franco Arenoso
Suelos Francos o Margos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco Arenoso
	23-52	28-50	7-27	Franco
Suelos Francos o Margos (textura mediana)	20-50	74-88	0-27	Limoso
	0-20	88-100	0-12	Franco Limoso
	20-45	15-52	27-40	Franco Arcilloso
Suelos Francos o Margos (textura moderadamente fina)	45-80	0-28	20-35	Franco Arenoso Arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco Limoso Arcilloso
	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso

Suelos Arcilloso (textura fina)	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** (Camacho, 2017)

### 2.2.8 *Densidad aparente*

La densidad aparente (DA) es una característica del suelo que se usa con frecuencia en la agricultura, principalmente con respecto a las técnicas de manejo del suelo y el agua. Debido a un aumento en el uso de riego, el uso de agricultura sin labranza y la compactación del suelo, ahora hay más preocupación que nunca sobre la determinación y precisión de su medición. Debido a su estrecha asociación con otras propiedades del suelo, la DA es el factor que más afecta la productividad de los cultivos. Cuando no se aplican fertilizantes, puede tener un impacto aún mayor en algunas especies que el uso de fertilizantes en sí. Las condiciones de disponibilidad y la tasa de difusión de nutrientes en el suelo están relacionadas con este comportamiento (Jiménez, 2005).

### 2.2.9 *Suelos agrícolas*

Suelos con estructura adecuada de producción primaria con baja compactación de partículas de suelo para desarrollo de cultivos de alimentos y producción bovina (TULSMA, 2017). La materia orgánica en suelos agrícolas depende del tipo de cultivo, por ejemplo, donde predomina los cultivos de maíz el MO es de 46.1Mgha-1 y en cuanto al COS es 32.9 Mg ha-1 (Correa, 2017).

### 2.2.10 *Suelos de bosques*

Los suelos de bosque son aquellos que comprende gran parte vegetativa y restos de estos en la superficie, tales como; (tallos, raíces, ramas, hojarasca, corteza), compuesto por materia orgánica abiótica que en estado de descomposición aporta grandes porcentajes de materia orgánica contribuyendo nutrientes y minerales a la tierra, mantienen ecosistemas de gran biodiversidad (Foster, 2020).

### 2.2.11 *Suelos de pasto*

Estos suelos se caracterizan por contener en grandes porcentajes plantas de gramínea (pasto, zacates), estos suelos son aplicadas para producción ganadera, representan la tercera parte del

planeta, ofrece servicios ecosistémicos, culturales y regulación, aportan grandes cantidades de carbono atmosférico (Guerra, 2021).

### **2.2.12 *Uso de suelos***

El suelo en la actualidad se va cambiando de acuerdo con la actividad antropogénica que se realiza en la superficie, todos los cambios normalmente se dan por el lado de la economía de la sociedad, dentro de esta temática se tiene usos: agrícola, forestal, ganadero, urbano, recreativo, conservación de hábitats, industrial, comercial, minero, camaroneras (TULSMA, 2017).

### **2.2.13 *Fijación de carbono en el suelo***

#### **2.2.13.1 *Captura de carbono en suelos***

Este proceso consiste en la fijación de carbono a través de las plantas y la materia orgánica para su posterior almacenamiento en el suelo. Ocurre cuando el CO<sub>2</sub> se convierte en COS (carbono orgánico del suelo), y ocurre en tres fases: extracción por fotosíntesis de la planta, transferencia y finalmente transferencia de biomasa al suelo donde se almacena como COS. Este proceso proporciona una necesaria y asimilable reserva para la fauna microbiana en los suelos, mejorando la salud del suelo (Dilas, 2020).

La captura de carbono en suelos agrícolas es una alternativa para enriquecer el suelo y reducir el cambio climático. Se trata de revertir las emisiones de gases de efecto invernadero como el CO<sub>2</sub>, el metano y los óxidos de gas risa a través de la ingesta estable de carbono y, por lo tanto, aumentar la capacidad del suelo como un depósito natural. El carbono en el suelo puede estar presente en dos formas, el carbono orgánico del suelo (COS) y el carbono inorgánico del suelo (IC). El COS es el componente principal de la sustancia orgánica del suelo, que juega un papel importante en la productividad de los suelos tropicales como reserva de nutrientes. El COS es un indicador de la calidad del suelo y sirve para identificar los cambios en la investigación del tiempo en los esquemas de transmisión de carbono (CC) mediante sistemas naturales relacionados con la investigación del valor de las funciones ecológicas de los 6 ecosistemas naturales. Existen buenas prácticas agrícolas y ganaderas que integran los desechos de cosecha y los cambios orgánicos en el suelo y los enriquecen biológicamente para prevenir numerosos nutrientes del líquido gaseoso o líquido. Esto mejora el suelo y la calidad de sus plantas con buenas prácticas, lo que también permite ahorros al usar fertilizantes químicos (Patiño, 2018).

### *2.2.13.2 Secuestro del carbono en suelos*

El secuestro carbono en el suelo es la eliminación del carbono de la atmósfera mediante la fotosíntesis de las plantas y su almacenamiento como la circulación de vida estable y larga de la materia orgánica (Hernández, 2022).

Se estimó que los suelos pueden robar alrededor de 20 pg en 25 años, más del 10 % de las emisiones antropogénicas. Este proceso implica otras ventajas importantes para el suelo, los cultivos agrícolas y las cualidades ambientales, teniendo en cuenta la prevención de la erosión y la desertificación, así como para aumentar la biodiversidad (Sociedad, 2021).

Los secuestros de carbono fueron confirmados por el MDL (mecanismo de desarrollo puro) en el marco del protocolo de Kioto con énfasis en el consumo forestal y la silvicultura, como los medios de medición más efectivos para la abducción de carbono en la biomasa sobre el suelo y bajo la superficie de suelo. En las negociaciones después de Kioto, se hacen esfuerzos para prestar atención al secuestro de carbono potencial en los prados.

Hay varias formas de aumentar la abducción de carbono en la Tierra. Una forma es la rehabilitación de suelos degradados y la adopción de la práctica de la preservación del suelo (Hernández, 2022). Por ejemplo, puede usar cultivos de cobertura, como pastos y malezas como un recubrimiento temporal entre las temporadas de plantación. También puede concentrar ganado en pequeños pastos durante varios días para que pasen de una manera ligera pero uniforme. Además, puede cubrir pastos desnudos con heno o vegetación muerta.

### *2.2.13.3 Ciclo del carbono*

El ciclo de carbono está determinado por el almacenamiento y la transferencia entre la atmósfera, biósfera, litósfera y océanos de moléculas constituidas por el elemento carbono. La abundancia relativa de carbono en la atmósfera y la corteza de la Tierra es impactante: menos del 0,5% en ambos casos. Sin embargo, los compuestos de carbono son muy importantes para la vida, porque forman tejido de todos los seres vivos. Todo el carbono orgánico, y casi todo almacenado en el océano y el suelo bajo nuestros pies, primero regulado desde la atmósfera a través de la fotosíntesis. Los átomos individuales se convierten en parte de diferentes moléculas, almacenados en varios sumideros (sumideros) y pueden tardar mucho en regresar a la atmósfera (Honorio, 2018).

Pero la forma en que el carbono se mueve a través del ciclo del carbono, debido a que las actividades humanas cambian el ciclo para que los compuestos de carbono se debe calcular la cantidad de carbono que se transfiere entre diferentes sumideros o depósitos y cuánto se libera a la atmósfera (Honorio, 2018). Cada proceso se vuelve más y más importante. Esto es especialmente cierto en situaciones en las que un planeta calentado puede causar una retroalimentación positiva.

El material orgánico de los seres vivos se puede almacenar durante mucho tiempo cuando se entierra a gran profundidad o se hunde en el fondo del océano y forma rocas sedimentarias. Este carbono orgánico es devuelto al ciclo por la actividad volcánica y, más recientemente, por la quema de combustibles fósiles. Si bien la escala de tiempo geológico para la formación de combustibles fósiles es relativamente lenta, la velocidad a la que la actividad humana libera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es extremadamente rápida (Soto, 2018).

En general, el ciclo del carbono y el secuestro de carbono son más activos en los horizontes superficiales del suelo, mientras que el carbono estabilizado con tiempos de rotación más largos constituye una mayor proporción del COS total encontrado en los horizontes profundos del suelo estimaron que, a mayor profundidad, los suelos tienen una mayor capacidad de almacenar C adicional en comparación con las capas superiores, debido a una mayor diferencia entre el contenido de COS existente y el valor de saturación de COS. La acumulación de C estabilizado con largos tiempos de residencia en horizontes profundos del suelo puede deberse al transporte continuo, a la inmovilización temporal y al procesamiento microbiano de COD dentro del perfil del suelo y/o a la estabilización eficiente de la materia orgánica derivada de la raíz en la matriz del suelo enfatizaron que los subsuelos tienen el potencial de almacenar 760-1520 Pg de carbono adicional (Chivelet, 2010).

#### *2.2.13.4 Carbono orgánico en el suelo (COS)*

El carbono orgánico en los pisos (COS) es una parte importante del ciclo del carbono y muestra el 69,8 % del carbono de la biosfera orgánica. La microbiología del suelo está influenciada por dos ciclos: un ciclo lento en el que la producción de carbono se mide en cientos de miles de años y el desgaste de las rocas y la resolución de carbonatos en la tierra y en los océanos y el carbón rápido implica el ciclo de producción, que se mide en años o décadas y representa una parte fundamental del aspecto biológico de la naturaleza (Martínez, 2008).

El carbono de piso orgánico (COS) es una pequeña parte del ciclo global del carbono, lo que implica el ciclo del carbono a través del suelo, la vegetación, el océano y la atmósfera. Se estima que la Reserva COS ahorra 1.500 PGC en el piso del primer metro, que es más carbono que el

contenido atmosférico (aproximadamente 800 pgc) y la vegetación terrestre (500 pgc). El valor de COS no es estático, pero circula constantemente entre las diversas reservas globales de carbono en diferentes formas moleculares (Lefèvre, 2017).

Básicamente, la cantidad de COS guarda en cierto piso está en relación con el equilibrio de la cantidad de C, que agota el suelo como bacalao. En el sitio, la C también se puede perder u obtener por la erosión o depósito del suelo, lo que conduce a la redistribución del suelo C en escala local, paisajista y regional. Por lo tanto, los valores de almacenamiento de COS gestionan principalmente la cantidad y el tipo de residuos orgánicos que llegan al suelo (es decir, la contribución de la CC orgánica al sistema del suelo) y minimizan la pérdida de C del suelo (Lefèvre, 2017).

### 2.2.14 *Materia orgánica*

El término MOS se usa para describir los componentes orgánicos en el suelo en varias etapas de cocción, como los tejidos de plantas y animales muertos, materiales en un tamaño de menos de 2 mm y organismos del suelo. La transición de MOS cumple un desempeño importante en el funcionamiento de los ecosistemas del suelo y el calentamiento global, es muy importante para la seguridad de la estructura del suelo, la retención y la liberación de nutrientes de las plantas, y el mantenimiento de la capacidad de retención de agua, lo que lo convierte en un indicador clave no solo para la productividad agrícola sino también para la resistencia ambiental (Lefèvre, 2017). Para los suelos agrícolas es importante determinar el porcentaje se Materia Orgánica debido a su alto aportación de nutrientes a las plantas, para lo cual los agricultores optan por agregar estiércol de animales, el porcentaje de MO oscila de la siguiente manera:

**Tabla 2-4:** Porcentaje de materia orgánica en suelos agrícolas

<b>Materia Orgánica</b>	
<b>Clases</b>	<b>Porcentaje</b>
Extremadamente pobre	0.00 -0.60
Pobre	0.61 – 1.20
Medianamente pobre	1.21 – 1.80
Mediano	1.81 – 2.40
Medianamente rico	2.41 – 3-00
Rico	3.01 – 4.20
Extremadamente rico	Mayor de 4.20

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** ARINOVA SCIENCE, 2022.

Para los suelos agrícolas es importante determinar el porcentaje de Materia Orgánica debido a su alto aporte de nutrientes a las plantas, para lo cual los agricultores optan por agregar estiércol de animales, el porcentaje de MO oscila de la siguiente manera (AGRINOVA SCIENCE, 2020).

### **2.2.15 Descomposición del carbono**

Este proceso involucra dos hilos a la vez, por un lado, la división de partículas grandes en partículas cada vez más pequeñas, sin que lo sepan incluso partes del cuerpo (incluidos los teléfonos) y, por otro lado, como el catabolismo del carbono producto. Los microorganismos actúan como un vehículo sindical entre los procesos de producción primaria y secundaria, en la reintroducción de compuestos inorgánicos en el sistema y producen biomasa microbiana que puede operarse como alimento para organismos detractantes (Carvajal, 2017).

Los parámetros que controlan la descomposición del MOS incluyen, la temperatura del suelo y el contenido de agua, que, debido a su impacto en la actividad microbiana, tienen una fuerte influencia en el almacenamiento del suelo C. La composición de la comunidad microbiológica (por ejemplo, la relación entre bacterias y bacterias) también puede influir en la preferencia preferida de ciertas conexiones. El supuesto re-cálculo químico de moléculas complejas que acumulan COS, como la lignina o los lípidos, no contribuye significativamente a la persistencia del suelo (Ordóñez, 2001).

### **2.2.16 Métodos para la determinación del contenido de carbono en el suelo (COS)**

#### **2.2.16.1 Calcinación**

El método de calcinación permite la medición de MO, que contiene desechos condensados, modificados, unificados y orgánicos a temperatura. Se puede usar a una temperatura de 430 ° C en presencia de carbonato de calcio sin un error. Otros estudios han determinado que la oxidación es resistente a 600 ° C, una sustancia de crianza. Sin embargo, la temperatura superior a 500 ° C puede ser un error importante para determinar la pérdida de carbonato de dióxido de carbono, agua estructural para minerales arcillosos, oxidación de iones de hierro, descomposición de sal hidratado y descomposición de óxido. Tengo relaciones sexuales. Este método es simple, de bajo costo y es adecuado para estimar el carbono orgánico total (COT) si se ajusta adecuadamente por métodos de medición estandarizados (Dabadie, 2018).

El método de calcinación o la pérdida de peso por ignición (LOI) dejan del contenido de MO de la diferencia en la medición de peso después de que la muestra se expone a una cierta cantidad de

tiempo. Se ha demostrado que LOI es económico, lo que promueve el uso del monitoreo de MO de suelo en tiempo y forma. Sin embargo, las altas temperaturas pueden conducir a la volatilización de otros componentes del suelo, como la estructura cristalina de la arcilla, el grupo hidroxilo en el óxido de sesquises, el carbonato y la combustión incompleta de Mo cuando la temperatura es baja (Galantini, 2017).

El método para tomar esta decisión sobre la materia orgánica del suelo es:

- El suelo seco entre 6 y 7 g en el aire y las muestras de 2 mm (o relación necesaria) se miden y se colocan en aluminio de porcelana.
- El conjunto se seca (un tambor de muestra), se retira del horno y se enfría por el escritorio.
- Las muestras se calculan durante 3 horas o 4 horas con 650 o 700°C mufla.
- El set se retira del conjunto, se enfría por el escritorio y el peso está permitido nuevamente.
- Las diferencias de peso entre las principales se calculan antes y después de la entrada horneada. Esta diferencia de peso es equivalente a la cantidad de materia orgánica perdida de la muestra por disparo.
- Con respecto al peso inicial de la muestra (secado a 105°C), se muestra la diferencia en porcentaje (%), que es el porcentaje de materia orgánica.

Se calcula el contenido de carbono orgánico con la siguiente ecuación:

$$\%MO = \frac{A - B}{B} \times 100$$

$$\%CO = MO \times 1.724$$

Donde:

%MO= Porcentaje de la materia orgánica

%CO= Porcentaje de carbono orgánico

A= Peso de la muestra

B= Peso de la muestra calcinada a 700 °C

#### 2.2.16.2 Método de Walkley y Black

El método de Walkley & Black es el más generalizado, que consiste en muestras de suelo de oxidación húmeda con dicromato de potasio en medio ácido. El calor separado, durante la fusión

de ácido sulfúrico, es lo que permite la C. parcial en este proceso, la reducción del dicromato se produce, equivalente al contenido de C oxidado. En el método presente solo estima el CFO, por lo que se precede a usar el factor de corrección que varía de 63 a 86%, dependiendo del tipo de suelo y el horizonte, para estimar la COT. El factor de corrección comúnmente utilizado es 1.32 porque se supone que el promedio del 76% de la cuna está oxidado, el valor recomendado es el factor de conversión de 1.41 para el suelo, por otro lado, esto muestra que el factor de recuperación específico para cada uno tipo de suelo y la situación (Barrezueta, 2020).

El procedimiento para la determinación del método de Walkley & Black es el siguiente:

- Se estimará un peso entre 0.2 y 2 g de suelo seco en el aire y 2 mm tamizado o el tamaño de la fracción requerida que dependerá del color del suelo, la cantidad más oscura.
- Las muestras se colocan en 250 ml de Erlementyer y 5 ml de potasio dicrómico 1n y 10 ml de ácido sulfúrico concentrado se agregan, se agitan y se dejan fríos; Debe tener cuidado en este momento porque la reacción presentada es la violencia.
- Cuando el ensamblaje anterior se enfría, se diluye con 50 ml de agua destilada y 5 ml de ácido fosfórico y 3 gotas de difenilamina o 5 gotas de ortofenantolina agregadas.
- El objetivo se prepara, es decir, una mezcla de todos los reactivos mencionados anteriormente, pero sin tierra.
- La mezcla inicial y blanca con una solución de sulfato ferroso 1N titulada, la titulación se completa cuando se obtiene el color verde.

Se calcula el contenido de carbono orgánico con la ecuación siguiente:

$$\%C = \frac{\left(1 - \frac{M}{B}\right) \times 0,003}{Pm}$$

Donde:

%C= Porcentaje de carbono orgánico

V = Volumen de dicromato de potasio empleado en la muestra y el blanco (5 mL)

M = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra.

B = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco.

Pm = Peso de la muestra de suelo

Se transforma el contenido de carbono orgánico a contenido de materia orgánica, en porcentaje (%MO), mediante la relación:

$$\%MO = \%C \times 1.724$$

Donde:

%MO= Porcentaje de materia orgánica

%C= Porcentaje de carbono orgánico

### ***2.2.17 Métodos para identificación de cambios en la cobertura vegetal***

#### ***2.2.17.1 Caracterización espectral***

Este es un método que le permite obtener características de la tierra a través de la medición de la velocidad reflexiva. La radiación reflejada de acuerdo con la longitud de onda utilizada tomará el nombre de la firma del espectro. Estos se ven afectados por las condiciones climáticas en esta área. La luz visible reflejada es exclusiva de la superficie de cada tipo en el estudio, y las características reconocidas después de la investigación aparecen en términos de relación de radiación refleja. Los científicos pueden determinar las empresas del espectro de acuerdo con el espectro visible y el espectro infrarrojo (Carrillo, 2020). Hay una librería de espectro que se utiliza para evaluar las imágenes de espectro desconocidas y los resultados de la empresa, y para extraer la composición mineral y los materiales orgánicos mediante el uso del algoritmo. La biblioteca incluye más de 2,000 empresas de espectro que pueden usarse en proyectos de suelos. El proyecto característico global del suelo en Europa, Estados Unidos, Asia y África captura 3768 muestras y 416 muestras de suelo en los Estados Unidos, con 125 muestras de África, 104 de Asia, 75 de los Estados Unidos y en Europa. 112 (Rodríguez, 2022).

### ***2.2.18 Sistemas de información geográfica***

#### ***2.2.18.1 Imagen satelital***

##### ***Landsat***

Landsat es una serie de misiones de satélites de observación de la Tierra forman parte del programa Landsat, dirigido conjuntamente por la NASA y el Servicio Geológico de Estados

Unidos. El Satélite de Tecnología de Recursos Terrestres 1, o ERTS-1, se lanzó en 1972. Los datos de teledetección espacial comienzan a recopilarse durante el era de varios satélites (Morales, 2017). La Misión de Continuidad de Datos Landsat (LDCM), el satélite más reciente de la constelación Landsat, se puso en órbita el 11 de febrero de 2013. Los datos recopilados por el satélite, ahora conocido como Landsat 8, siguen ampliando el archivo para usuarios de todo el mundo.

### 2.2.18.2 Landsat

#### *Thematic Mapper (TM) – LandSat 4 y 5*

Este tipo de sensor presenta los satélites LandSat 4 y 5, las imágenes constan de siete bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros de Bandas 1 a 5 y 7. El tamaño aproximado es de 170 km escena norte-sur por 183 km de este a oeste. Su resolución temporal es de 16 días (Tabla 2-5).

**Tabla 2-5:** Característica imagen LandSat 4 y 5.

	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 4-5 Thematic Mapper (TM)	1 - Azul	0,45 - 0,52	30
	2 – Verde	0,52 - 0,60	30
	3 – Rojo	0,63 - 0,69	30
	4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0,76 - 0,90	30
	5 - Onda corta infrarroja (SWIO) 1	1,55 - 1,75	30
	6 – Thermal	10,40 - 12,50	120 * (30)
	7 - Onda corta infrarroja (SWIO) 2	2,08 - 2,35	30

\*Band TM 6 fue adquirida a una resolución de 120 metros, pero el producto se vuelve a muestrear a los píxeles de 30 metros.

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** (Morales, 2017)

#### *Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +) – LandSat 7*

Con una resolución espacial de 30 metros y ocho bandas espectrales, Bandas 1 a 5 y 7, este tipo de sensores muestra el satélite LandSat 7 y su imagen. La resolución pancromática de la Banda 8 (15 metros) es buena. El escenario tiene aproximadamente 170 kilómetros de longitud de norte a sur y 183 kilómetros de longitud de este a oeste (Tabla 2-6).

**Tabla 2-6:** Característica imagen LandSat 7

	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +)	1 - Azul	0,45 - 0,52	30
	2 - Verde	0,52 - 0,60	30
	3 - Rojo	0,63 - 0,69	30
	4 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0,77 - 0,90	30
	5 - Onda corta infrarroja (SWIO) 1	1,55 - 1,75	30
	6 - Thermal	10,40 - 12,50	60 * (30)
	7 - Onda corta infrarroja (SWIO) 2	2,09 - 2,35	30
	8 - Pancromática	0,52 - 0,90	15

\* ETM + Band 6 se adquiere a una resolución de 60 metros, pero el producto se vuelve a muestrear a los píxeles de 30 metros.

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** (Morales, 2017)

### *Imagen operacional de la Tierra (OLI) y el sensor térmico infrarrojo (TIRS) – LandSat 8*

Con una resolución espacial de 30 metros y nueve bandas espectrales, las imágenes capturadas por este tipo de sensores utilizando el satélite LandSat 8 constan de las bandas 1 a 9 con las bandas 1 a 7. Para estudios de aerosoles y la costa, la banda ultra azul 1 es útil. Cuando se buscan cirros, la banda 9 es útil. La resolución del octavo rango (15 metros) es pancromática (Morales, 2017). Las tiras térmicas 10 y 11 se recogen a una distancia de 100 metros y son útiles para proporcionar temperaturas superficiales más precisas. La escena tiene aproximadamente 170 kilómetros de longitud de norte a sur y 183 kilómetros de este a oeste (Tabla 2-7).

**Tabla 2-7:** Característica imagen LandSat 8

	Banda	Longitud de onda (micrómetros)	Resolución (metros)
Landsat 8 Operativa Imager Tierra (OLI) y térmica infrarroja del sensor (SITR)	1 - Ultra Azul (costero / aerosol)	0.43 - 0.45	30
	2 - Azul	0,45 - 0,51	30
	3 - Verde	0,53 - 0,59	30
	4 - Rojo	0,64 - 0,67	30
	5 - Infrarrojo Cercano (NIR)	0,85 - 0,88	30
	6 - Onda corta infrarroja (SWIO) 1	1,57 - 1,65	30
	7 - Onda corta infrarroja (SWIO) 2	2,11 - 2,29	30
	8 - Pancromática	0,50 - 0,68	15
	9 - Pancromática	0,52 - 0,90	15
	10 - infrarrojo térmico (SITR) 1	10.60 - 11.19	100 * (30)
	11 - infrarrojo térmico (SITR) 2	11.50 - 12.51	100 * (30)

\* Bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a muestrear a 30 metros de producto entregado datos.

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** (Morales, 2017)

### *2.2.19 Análisis multitemporal*

El análisis multitemporal examina cómo ha cambiado la cobertura del suelo de una región a lo largo del tiempo se conoce como análisis de cobertura del suelo multitemporal. Para lograr esto se utilizan varias imágenes de satélite capturadas en diferentes momentos. A partir de este tipo de análisis se puede comprender los efectos a largo plazo de la vegetación sobre el cambio climático y la actividad humana. Además, puede ayudar a investigadores y formuladores de políticas a crear planes para la preservación y el uso sostenible de los recursos naturales (Morales, 2017). El uso del análisis multitemporal, podemos identificar variaciones entre varios puntos de referencia y hacer inferencias sobre la evolución del entorno natural o los efectos de la actividad humana sobre él. Estos estudios ayudan a comprender las causas naturales, sociales o económicas del cambio a escala global, regional y local estimando las tasas de deforestación o reforestación y determinando su extensión geográfica.

#### *2.2.19.1 ArcGis*

ArcGIS es un sistema integral para recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica. Como la plataforma líder mundial para crear y usar sistemas de información geográfica (SIG), ArcGIS es utilizado por personas de todo el mundo para dar vida al conocimiento geográfico en el gobierno, los negocios, la ciencia, la educación y los medios. ArcGIS te permite publicar información geográfica para que cualquiera pueda acceder a ella. El sistema se puede usar en cualquier lugar usando un navegador web, dispositivos móviles como teléfonos inteligentes y computadoras de escritorio (esRI, 1999).

#### *2.2.19.2 USGS Earth Explorer*

El portal de datos USGS Earth Explorer es su ventanilla única para conjuntos de datos geospaciales de nuestra extensa colección. Los usuarios pueden navegar a través de imágenes satelitales Landsat, datos de radar, datos UAS, mapas de líneas digitales, datos de modelos de elevación digital, fotografías aéreas, datos satelitales Sentinel, algunas imágenes satelitales comerciales, incluidos IKONOS y OrbView3, cobertura terrestre usando mapas interactivos o datos de búsqueda de texto, país mapa. Datos de mapas digitales y muchos otros conjuntos de datos. Los usuarios pueden buscar una ubicación exacta o ingresar coordenadas específicas usando el mapa interactivo para ver qué tipos de datos están disponibles (esospace, 2023).

### 2.2.19.3 ANOVA

El análisis de varianza también conocido como (ANOVA) se usa en caso de existir varios grupos con variables cuantitativas para el análisis de varianza de comparación de sus medias, se basa en separar la variabilidad de tratamientos y error, con su objetivo principal en la planteación de hipótesis de igualdad de tratamientos con respecto a la media de tratamientos obtenidos: Ho (nula) la que establece que las medias de los grupos analizados son iguales, y él Ha (alterna) que da a conocer que no todas las medias del tratamiento son iguales, en la que por lo menos una es diferente (Pulido, 2018).

## 2.3 Normativa legal

De acuerdo con la LEY ORGÁNICA DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL, USO Y GESTIÓN DE USO DE SUELO en el artículo 409 de la constitución de la República del Ecuador determina la conservación del suelo como un tema de interés público y prioridad nacional, en especial su capa fértil y la obligación de establecer un marco normativo para su protección y uso sustentable que prevenga su degradación, en particular la provocación por la contaminación, la desertificación y la erosión.

En la Sección II de la (Pozo, 2019), dan a conocer en el Art. 21.- Uso. - El uso es la destinación asignada al suelo, conforme con su clasificación y subclasificación, previstas en esta Ley. Como también en el 4. Da a conocer sobre el uso prohibido. Es aquel que no es compatible con el uso principal o complementario, y no es permitido en una determinada zona.

Como también en el TULSMA, Art. 2.- VISION DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: Se establece como visión institucional la siguiente: Hacer del Ecuador un país que conserva y usa sustentablemente su biodiversidad, mantiene y mejora su calidad ambiental, promoviendo el desarrollo sustentable y la justicia social y reconociendo al agua, suelo y aire como recursos naturales estratégicos.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Enfoque de investigación

##### 3.1.1 *Cualitativo y cuantitativo*

La investigación se establece mediante un enfoque mixto cualitativo y cuantitativo, aplicando el método deductivo debido a que se partió de investigaciones generales de información verídica en base a datos comprobados mismos que están asociados a la investigación cuantitativa el cual nos permite recolectar y a la vez analizar diferentes datos numéricos para poder realizar predicciones, comprobar porcentajes y reconocer la dinámica de carbono orgánico en diferentes estrados del perfil del suelo, se caracteriza por ser un método descriptivo, a la vez también se aplica el estudio inductivo en base al fenómeno observado para establecer las variables que influyen en la investigación, como también determinar factores que inciden en el cambio de uso de suelo de las comunidades de la parroquia, este proceso se basa en la investigación cualitativa debido a que se describe los cambios en el periodo de tiempo establecido mediante la observación.

#### 3.2 Nivel de investigación

Para el trabajo realizado en campo se aplica el método transversal exploratorio (tiene como objetivo encontrar variables o un conjunto de ellas, comunidad, contexto, eventos o situaciones que se conocen ligeramente, se lleva a cabo en un momento determinado y generalmente se aplica a nuevos problemas de investigación) (Ramos, 2020), mediante el cual se reconoce la variable carbono orgánico a estudiar en un determinado estrato, también se aplica el método longitudinal (consiste en la medición de fenómenos a través de un intervalo temporal específico y ayuda a analizar y observar la evolución de fenómenos o elementos (Manterola, et al., 2019). En este tipo de estudio, se usan varias variables durante un cierto período de tiempo para recopilar datos basados en la investigación que actualmente se desarrolla, debido, a que se analiza los cambios de uso de suelo en las 9 comunidades seleccionadas, verificando si los resultados son correlacionales con las fuentes teóricas y cartográficas investigadas en el sector.

### **3.2.1 *No experimental***

Debido a que no se procederá a la manipulación de las variables, la presente es una investigación no experimental.

De acuerdo con las intervenciones que se dará es una investigación longitudinal de evolución en grupo en la cual se examina los cambios de uso de suelo a través de un periodo de tiempo en ciertas comunidades de la parroquia.

### **3.3 *Diseño de investigación***

Se utiliza el método de investigación cualitativo y cuantitativa según la manipulación de variables es un diseño no experimental, se establece que es un tipo de investigación de campo debido a que se hace contacto directo con la variable a estudiar, se recolecta muestras en puntos específicos del origen del problema para posterior a ello analizar el estado de las variables de la investigación.

### **3.4 *Selección y cálculo del tamaño de la muestra***

#### **3.4.1 *Población de estudio***

##### **3.4.1.1 *Población***

La población de estudio se realiza en la parroquia de San Pedro de Licto, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo - Ecuador, donde se toma en cuenta a las 25 comunidades que conforman la parroquia Licto, distribuidas en tres zonas, altas, medias y bajas, con un total de 8404 habitantes de los cuales el 96,30 % son indígenas y el 3,70 % son mestizos registrados hasta el último censo nacional 2010.

##### **3.4.1.2 *Delimitar la población***

Las zonas de estudio delimitadas se basan en los ecosistemas establecidos que se consideran en la investigación, como es el pastizal, bosque y agrícola. La población de estudio se basa en tres zonas: alta, media y baja que cumplen con las características de los ecosistemas mencionados, se obtiene a través de un muestreo no probabilístico por conveniencia, el cual consiste en identificar las características de investigación en comunes de la población a estudiar, el propósito del

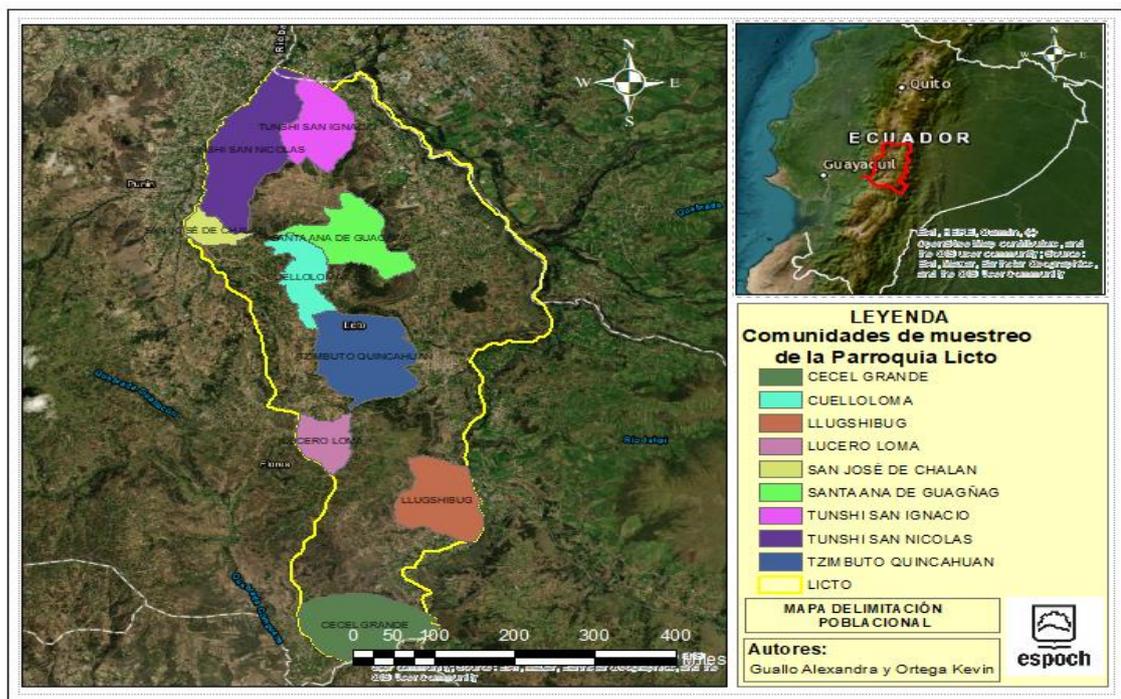
investigador y el planteamiento de nueve comunidades de estudio delimitadas a tres por cada zona, como se muestra en la siguiente Tabla 3-1 e Ilustración 3-1.

**Tabla 3-1:** Comunidades de estudio

ZONA	COMUNIDAD
Alta	Cecel Grande
	Llugshibug
	Lucero Loma
Media	Tzimbuto-Quincahúan
	Cuello Loma
	Santa Ana de Guagñag
Baja	Molobog
	Tunshi San Nicolas
	Tunshi San Ignacio

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** PDYT 2019



**Ilustración 3-1:** Ubicación de las comunidades a muestrear de la parroquia Licto

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** propia, ArGis 2023

### 3.4.2 Selección de muestra

#### 3.4.2.1 Muestra

Para la selección de puntos de muestreos nos basamos en el muestreo no probabilístico por conveniencia, consideramos las características en común que tienen todas las comunidades: las áreas de los estratos de cobertura vegetal, como; zonas de pastizales, agrícola y bosque que presentan ciertas comunidades, ver Tabla 3-2.

**Tabla 3-2:** Clasificación de las comunidades de la Parroquia Licto, ecosistemas presentes y facilidad de acceso.

No	Sector	Población	Superficie	Zona	Ecosistemas	Facilidad de Acceso
1	Cecel Grande	398	336,84	Alta	Pastizal Agrícola Bosque	Si
2	Cecel Alto	200	73,85	Alta	Pastizal Agrícola	No
3	Cecel San Antonio	241	70,9	Alta	Pastizal Agrícola	No
4	Gueseche	243	203,58	Alta	Pastizal Agrícola	No
5	Llugshibug	305	274,27	Alta	Pastizal Agrícola Bosque	Si
6	Guaruñag	250	78,03	Alta	Pastizal Agrícola	No
7	Lucero Loma	232	105,81	Alta	Pastizal Agrícola Bosque	Si
8	Santa Rosa De Tzetzeñag	321	360,95	Alta	Pastizal Agrícola	No
9	Nueva Esperanza	39	53,47	Media	Pastizal Agrícola	No
10	Pompeya	472	179,03	Media	Pastizal Agrícola	No
11	Tzimbuto-Quincahúan	415	373,34	Media	Pastizal Agrícola Bosque	Si
12	Resgualay	226	68,77	Media	Pastizal Agrícola Bosque	No

13	Guanglur	180	37,62	Media	Pastizal Agrícola	No
14	Cuello Loma	252	163,7	Media	Pastizal Agrícola Bosque	Si
15	Chumug San Francisco	255	147,43	Media	Pastizal Agrícola Bosque	No
16	Santa Ana De Guagñag	221	269,64	Media	Pastizal Agrícola Bosque	Si
17	Sulsul	258	174,9	Media	Pastizal Agrícola	No
18	San José De Chalan	170	65,62	Media	Pastizal Agrícola Bosque	No
19	San Antonio De Guagñag	248	246,9	Media	Pastizal Agrícola Bosque	No
20	Tunshi San Nicolas	581	436,09	Baja	Pastizal Agrícola Bosque	Si
21	Tunshi San Ignacio	330	225	Baja	Pastizal Agrícola Bosque	Si
22	Tunshi San Javier	449	211,8	Baja	Pastizal Agrícola	No
23	Molobog	687	531,87	Baja	Pastizal Agrícola Bosque	Si
24	Tulabug Escalera	611	356,12	Baja	Pastizal Agrícola Bosque	No
25	Cabecera Parroquial	820	750,59	Baja	Pastizal Agrícola Bosque	No

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** PDYOT LICTO, 2019

#### 3.4.2.2 Cálculo de la muestra

Según Hernández-Sampieri en las muestras no probabilísticas, la elección de los elementos no depende de la probabilidad, sino de causas relacionadas con las características de la investigación

o los propósitos del investigador. Aquí el procedimiento no es mecánico ni se basa en fórmulas de probabilidad, sino que depende del proceso de toma de decisiones de un investigador o de un grupo de investigadores y, desde luego, las muestras seleccionadas obedecen a otros criterios de investigación.

El cálculo de muestra se obtuvo a partir de para seleccionar individuos que formarán parte de una muestra de estudio estadístico los datos serán analizados de las 25 comunidades presentes en la Tabla (3-3) de la parroquia Licto la cual se dará en tres zonas diferentes, una de las características es que tienen ecosistemas en común del áreas en estudio, por lo que los datos se obtendrán de 9 comunidades basados en la selección de puntos de muestreo no probabilístico por conveniencia, la cual consiste en identificar las características comunes de la población a estudiar.

### 3.4.3 *Tamaño de muestra*

#### 3.4.3.1 *Tamaño de la población*

El tamaño de la muestra para este estudio se basa en una parte significativa de la población que corresponde a las características de la investigación para reducir los costos y el tiempo, por lo que, de las 25 comunidades de la parroquia Licto se llegó a delimitar a 9 comunidades (Cecel Grande, Llugshibug, Lucero Loma, Tzimbuto-Quinchahúan, Cuello Loma, Santa Ana de Guagñag, San José De Chalan, Tunshi San Nicolas, Tunshi San Ignacio) presentes en la (Tabla 3-3).

Que están divididas en 3 zonas como es: zona alta, zona media, zona baja, teniendo en cuenta características en común, los ecosistemas como es el pastizal, agrícola, bosque, están relacionadas en las 9 comunidades donde se tomaran muestras a 3 distintas profundidades 0-15, 15 a 30 y de 30 a 60 cm distribuidas al azar, obteniendo así un total de 81 muestras (Ilustración 3-2).

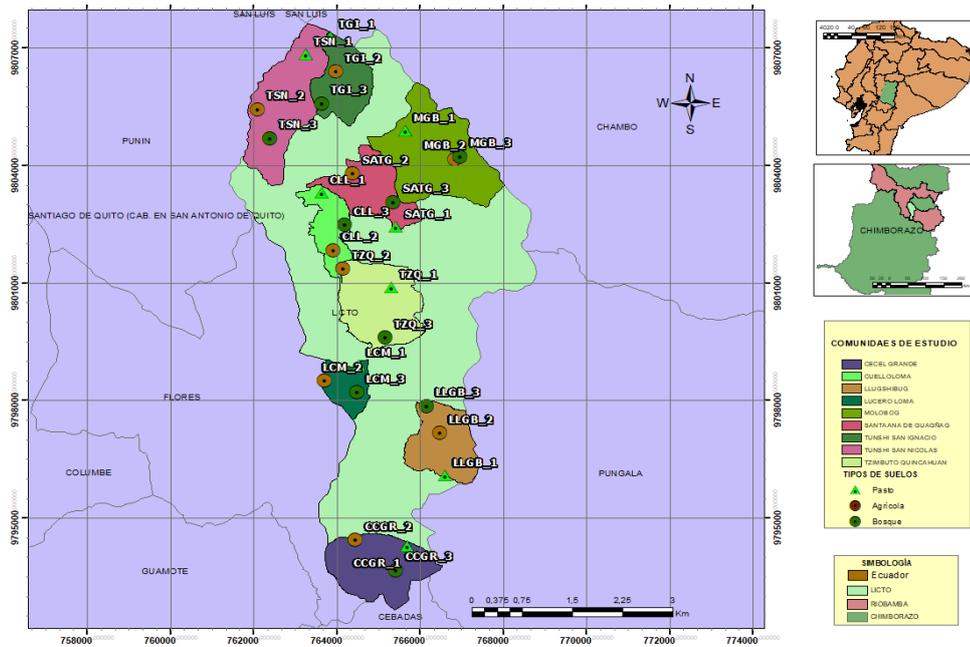
**Tabla 3-3:** Las 9 comunidades seleccionadas para el estudio

ZONA	COMUNIDAD	SIMBOLOGÍA	ECOSISTEMAS	COORDENADAS		
				ALTITUD m.s.n.m	X	Y
Alta	Cecel Grande	CCGR_1	Pastizal	2970	763763.00	9795019.00
		CCGR_2	Agrícola	3257	764953.00	9794737.00
		CCGR_3	Bosque	3100	764368.00	9794951.00
	Llugshibug	LLGB_1	Pastizal	2907	766616.00	9796080.00
		LLGB_2	Bosque	3074	766475.00	9797173.00
		LLGB_3	Agrícola	3074	766475.00	9797173.00

Media	Lucero Loma	LLGB_3	Bosque	3157	766167.00	9797863.00
		LCM_1	Pastizal	3117	764538.00	9798893.00
		LCM_2	Agrícola	3219	763708.00	9798504.00
	Tzimbuto-Quinchahúan	LCM_3	Bosque	3148	764489.00	9798210.00
		TZQ_1	Pastizal	2973	765327.00	9800877.00
		TZQ_2	Agrícola	3028	764157.00	9801367.00
	Cuello Loma	TZQ_3	Bosque	3120	765165.00	9799609.00
		CLL_1	Pastizal	3047	763645.00	9803297.00
		CLL_2	Agrícola	3052	763915.00	9801839.00
CLL_3		Bosque	3120	764201.00	9802485.00	
Santa Ana de Guagñag		SATG_1	Pastizal	3280	763239.52	9803985.26
		SATG_2	Agrícola	3071	763408.16	9804498.20
	SATG_3	Bosque	3148	764051.93	9804956.62	
Baja	Molobog	MGB_1	Pastizal	2768	766841.307	9804176.777
		MGB_2	Agrícola	2833	765652.995	9804891.268
		MGB_3	Bosque	2775	766961642	9804229.423
	Tunshi San Nicolas	TSN_1	Pastizal	2710	763257.34	9806799.00
		TSN_2	Agrícola	2748	762952.39	9806460.60
		TSN_3	Bosque	2794	762419.90	9804670.89
	Tunshi San Ignacio	TGI_1	Pastizal	2700	764357.35	9806951.78
		TGI_2	Agrícola	2719	763523.31	9805871.07
		TGI_3	Bosque	2829	764196.54	9806210.24

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Propia, 2023



**Ilustración 3-2:** Ubicación de puntos de muestreo

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: propia, ArGis 2023

### **3.5 Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.5.1 Materiales y métodos**

##### **3.5.1.1 Caracterización del lugar**

#### **Área de estudio**

El área de estudio se encuentra en la parroquia de San Pedro de Licto, pertenece al cantón Riobamba, provincia de Chimborazo, país Ecuador, está conformada por 25 comunidades distribuidas en tres zonas, altas, medias y bajas, con un total de 8404 habitantes de los cuales el 96,30 % son indígenas y el 3,70 % son mestizos registrados hasta el último censo nacional 2010, en las comunidades indígenas la población guarda tradiciones y costumbres, en cuanto a las actividades que realizan los pobladores se encuentran: agrícolas, ganadería, artesanía, construcción, para la producción agrícola la parroquia es beneficiada de dos sistemas de agua de riego; Guarguallá-Licto para zonas altas y medias, Chambo-Guano para zonas bajas, por ende, ciertas comunidades con límite del cantón Chambo son adaptables para cultivos agrícolas de ciclo corto, a comparación de las zonas medias y altas son aptas para pastizales, maíz y ciertas plantas frutales, posee vías de acceso directo a varios puntos de la parroquia que conecta con la ciudad Riobamba, Guamote, Macas estas vías permite aumentar el turismo, la economía y calidad de vida de los Lictenses, por la ubicación tiene zonas ecológicas en ciertas comunidades altas y bajas (Guevara y Coello, 2019).

#### **Ubicación geográfica**

La presente investigación se realizó en la parroquia San Pedro de Licto, se encuentra localizado dentro del mapa geopolítico del Cantón Riobamba, perteneciente a la Provincia de Chimborazo, específicamente a 18 Km de la cabecera cantonal, la latitud es de: 766405, Longitud: 9800166 y altitud: 2680-3320 msnm, la superficie del área 58,42 km<sup>2</sup>, en cuanto a sus límites al Norte: Cantón y río Chambo, Sur: Parroquia Cebadas, Este: Río Chambo y Parroquia Pungalá, al Oeste: Parroquia Flores y Punín (Ilustración 3-3).



**Ilustración 3-3:** Ubicación geográfica de la parroquia Licto

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** propia, ArGis 2023

### Comunidades de Licto

La parroquia Licto está constituida por 25 comunidades (Tabla 3-4) con 8 barrios, se cuenta con una parte de la comunidad Pungalbug Verde Cruz, la cual no consta en el PDOT Vigente, por límites de conflicto con la parroquia Flores, por ende, se tiene los siguientes límites actualizados del PDOT mediante la resolución N°GADMRGSGC-2015-0244-R, (Ilustración 3-4).

**Tabla 3-4:** 25 comunidades de la parroquia Licto, 8 de la zona alta, 11 de la zona media y 6 de la zona baja.

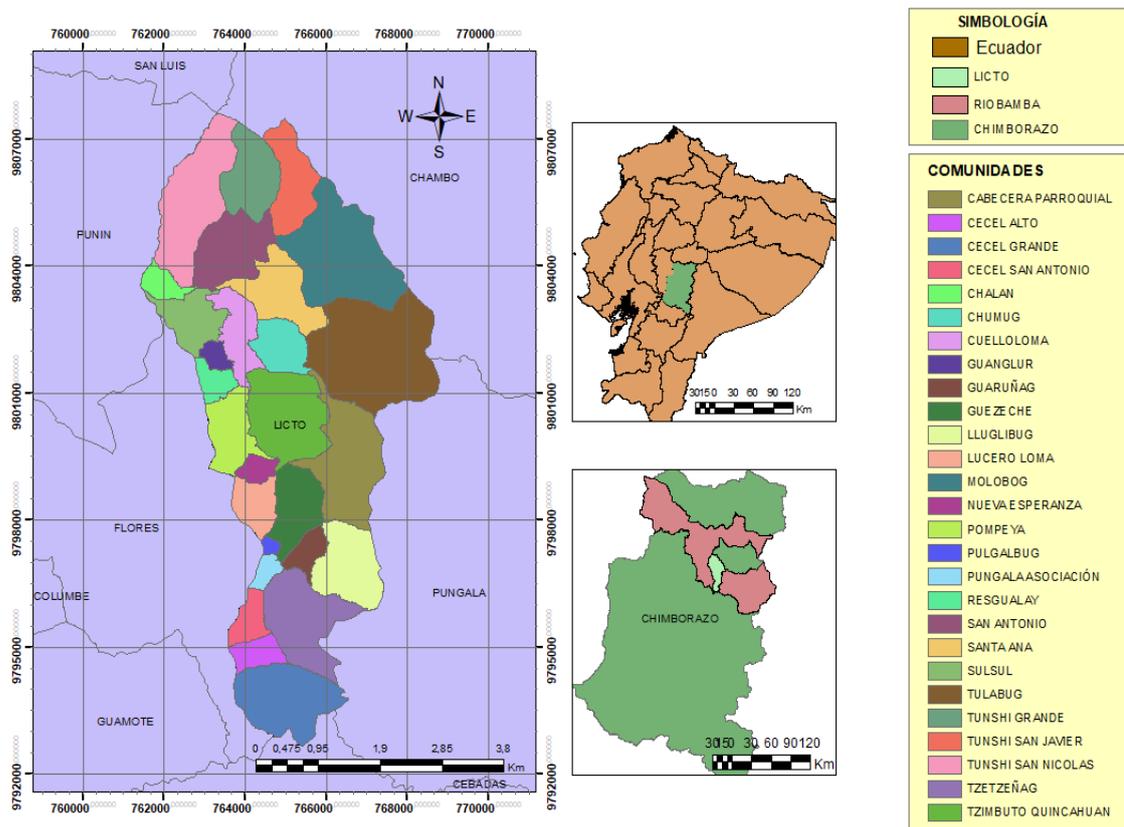
N°	Sector	Población	Superficie	Zona
1	Cecel Grande	398	336,84	Alta
2	Cecel Alto	200	73,85	Alta
3	Cecel San Antonio	241	70,9	Alta
4	Gueseche	243	203,58	Alta
5	Llugshibug	305	274,27	Alta
6	Guaruñag	250	78,03	Alta
7	Lucero Loma	232	105,81	Alta
8	Santa Rosa De Tzetzeñag	321	360,95	Alta
9	Nueva Esperanza	39	53,47	Media
10	Pompeya	472	179,03	Media
11	Tzimbuto-Quincahúan	415	373,34	Media
12	Resgualay	226	68,77	Media
13	Guanglur	180	37,62	Media

14	Cuello Loma	252	163,7	Media
15	Chumug San Francisco	255	147,43	Media
16	Santa Ana de Guagñag	221	269,64	Media
17	Sulsul	258	174,9	Media
18	San José De Chalan	170	65,62	Media
19	San Antonio De Guagñag	248	246,9	Media
20	Tunshi San Nicolas	581	436,09	Baja
21	Tunshi San Ignacio	330	225	Baja
22	Tunshi San Javier	449	211,8	Baja
23	Molobog	687	531,87	Baja
24	Tulabug Escalera	611	356,12	Baja
25	Cabecera Parroquial	820	750,59	Baja

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: PDYOT LICTO, 2019

### UBICACIÓN DE ESTUDIO DE LA PARROQUIA "SAN PEDRO DE LICTO"



**Ilustración 3-4:** Comunidades de la parroquia Licto

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

### 3.5.1.2 Climatología

La precipitación a nivel general en la parroquia varía de 500 a 1250 mm al año, la temperatura promedio es de 10°C hasta los 13°C de forma general, mantiene tres pisos climáticos: Ecuatorial frío de alta montaña la cual se mide por la altitud donde se da mayor precipitación, Ecuatorial mesotérmico, semihúmedo la temperatura va a variar de acuerdo con la altitud del lugar, y por último Ecuatorial Mesotérmico Seco en las diferentes zonas bajas de la parroquia.

#### **Suelos**

La parroquia Licto presenta diferentes tipos de suelo, presentando en mayor porcentaje de orden ENTISOL y de Suborden ORTHENTS en comunidades de Chalán, San Javier y Cecel Grande, de orden INCEPTISOLES y Suborden ANDEPTS en las comunidades de Santa Ana, Molobog, Chimbacalle, Tulabug, Resgualay, y Lulshibug, de orden MOLLISOLES y suborden USTOLLS el suelo es más negro en la comunidad de Nueva Esperanza, Pompeya y Gueseche de zonas altas, los suelos de la comunidad Tzimbutu Quinchuan a 40 cm de profundidad contienen costra de carbonato por ende, es de orden INCEPTISOLES y Suborden ANDEPTS, los suelos de las comunidades; Cuello Loma, Chumug, San Antonio y Cabecera Parroquial pertenecen al mismo orden (Guevara y Coello, 2019).

#### **Uso del suelo actual**

La cobertura de los suelos de Licto, tienen diferentes usos, los pobladores le dan prioridad a la actividad agraria el cual tiene una extensión de 36.39 km<sup>2</sup>, la cobertura de suelos boscosos con árboles (eucalipto) de especie introducida tiene un área de 7.26 km<sup>2</sup>, la vegetación arbustiva de forma general es de 1.76 km<sup>2</sup> esta área no pertenece al páramo, el área de uso de edificaciones y viviendas es de 16 km<sup>2</sup>, el área rocosa es de 0.02 km<sup>2</sup>, las áreas de uso de invernaderos para producción de tomates de riñón presentan un área de 0.12 km<sup>2</sup>, los suelos que presentan erosión por actividades agrícolas tiene el área de 4.16 km<sup>2</sup> (Guevara y Coello, 2019).

#### **Temperatura**

Las condiciones climáticas en cuanto a la temperatura de la parroquia Licto tiene un promedio de oscilación entre 12 a 16 °C, aunque en épocas sequía en las noches la temperatura es menor a 8 °C (Martínez, 2017).

### 3.5.2 *Métodos y técnicas*

#### 3.5.2.1 *Métodos*

##### a) Recolección de muestras

La recolección de muestras se realiza en las 9 comunidades, en tres diferentes puntos de cada sector y un punto en cada zona; agrícola, pastizal y bosque a tres profundidades (0-15, 15-30 y 30-60 cm) del suelo, la ubicación de los puntos de muestreo se dio por medio de coordenadas y el tipo de accesibilidad de cada uno.

Para acceder a los puntos hacemos uso de un geoposicionador (GPS) o de uso móvil con el programa (UTM Geo Map), donde se coloca las coordenadas de los puntos de muestreo ya establecidos.

##### b) Suelo

En cada punto de muestreo se limpia la superficie con la ayuda de una pala, para evitar que restos de plantas u organismos se mezclen en las muestras, con una apertura aproximadamente 40 cm x 40 cm y una profundidad de 60 cm, en una de las paredes de la apertura se mide las diferentes profundidades con el flexómetro midiendo las tres alturas a muestrear de 0-15 cm, 15-30 cm y 30-60 cm, extrayendo 1 kg de muestras de suelo en las fundas plásticas rotuladas con los códigos de la comunidad, zona y altura, para posterior transportarlo al laboratorio, las profundidades de las muestras se tomaron de acuerdo a (FAO, 2009).

##### c) Secado de muestras

Todas las fundas con las respectivas muestras y etiquetas se dejan secar en bandejas de aluminio, aproximadamente por 4 días, una vez secas, procedemos a triturar en morteros y pasar por un tamiz que tenga la malla de acero inoxidable de número 20, para posterior a ello cuantificar la humedad, densidad aparente, pH, conductividad eléctrica, textura, color, materia orgánica y carbono orgánico de cada muestra (Cristian, 2023).

d) Humedad

Este consiste en tomar un porcentaje representativo de muestra, en este caso de 1 kg lo cual se midió con una balanza mecánica de mano, para proceder a secarla al ambiente o en una estufa. Las muestras se secaron al ambiente de 6 a 7 días, para después volver a pesar, en este proceso se hace uso de diferencia de pesos antes del secado (Ph) y después del proceso de secado (Ps), mismo que se calcula mediante la fórmula;  $\%H=(Ph-Ps/Ps)*100$ , (Cristian, 2023).

e) Densidad aparente en suelo seco

Para determinar cómo es la dinámica del carbono orgánico en los diferentes suelos se debe realizar el cálculo de la densidad aparente con las muestras secas, para este proceso usamos el método del cilindro (MC) mismo que consiste en extraer un porcentaje de suelo con el uso del cilindro metálico a 10, 30 y 60 cm de profundidades, las medidas del cilindro oscila entre 5 cm de altura y 7 cm de diámetro, una vez insertado en la suelo debemos asegurarnos del contenido de muestras dentro del medidor, posterior envolver con papel film para llevar al secado en estufa a 105° y obtener su peso constante, calculamos el resultado aplicando la siguiente formula (Andrea, et al., 2022).

$$Da = Pss/Vol^3$$

Donde:

Da : densidad aparente ( $\frac{g}{cm^3}$ )

Pss : peso del suelo seco

Vol<sup>3</sup> : Volumen del cilindro (cm<sup>3</sup>)

### 3.5.2.2 Técnica

a) pH y Conductividad

Para determinar el grado de acidez o basicidad de diferentes estratos y zonas a estudiar se puede cuantificar mediante los valores del pH, de la disolución de los suelos. La conductividad se mide en dS/m (deciSiemens por metro), se define como la capacidad de conducir electricidad, en una solución es proporcional a las sales disueltas e ionizadas que se encuentran en el medio. Tanto

para el proceso de pH y conductividad se debe realizar en el menor tiempo posible después de extraer las muestras del suelo (Cristian, 2023).

- *pH*

En una balanza analítica pesar 20 g de muestra, pasar la muestra a un envase de plástico con 80 ml de agua destilada, herméticamente cerrado llevar a un aguitador por 30 min, después dejar reposar por 24 h, encerrar el potenciómetro y medir los valores de pH de cada muestra con su respectiva etiqueta y posterior a ello anotar los resultados en la base de datos (Cristian, 2023). Para evaluar el grado de acidez o alcalinidad nos basaremos en la siguiente tabla del ANEXO 2 (TULSMA, 2017).

**Tabla 3-5:** Valores de acidez y alcalinidad del suelo

pH	Rango
Muy fuertemente Ácido	Menor a 4,5
Fuertemente Ácido	4,6 a 5,5
Medianamente Ácido	5,6 a 6
Ligeramente Ácido	6,1 a 6,5
Neutro	6,6 a 7,3
Ligueramente Alcalino	7,4 a 7,8
Moderadamente Alcalino	7,9 a 8,4
Fuertemente alcalino	8,5 a 9
Muy fuertemente Alcalino	Mayor a 9,1

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** ANEXO 2 (TULSMA, 2017)

- *Conductividad*

Para determinar la conductividad usamos las muestras preparadas para determinar el pH, 24 horas después de la agitación, para su perspectiva medición, una vez pasado el tiempo se hace uso del conductímetro, posterior a ello se anota los valores en la base de datos en microsiemens por centímetros ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Cristian, 2023).

## b) Color

El color es un factor importante al momento de determina el contenido de materia orgánica, debido a que el grado de color determinara la cantidad de MO en el suelo.

Para lo cual extraemos dos porciones de la muestra y colocamos en la placa de porcelana, en una de las porciones con un cuentagotas humedecemos con cuidado, e identificamos la coloración con la carta Munsell (Cristian, 2023).

## c) Textura

La textura es una propiedad del suelo que permite conocer: aireación, retención de humedad, drenaje, permeabilidad, con esta opción podemos determinar el tamaño de partículas que son menores a 2mm mismas que constituyen el suelo. Para determinar la textura del suelo de las 9 comunidades aplicamos lo siguiente:

Extraer cierta cantidad de la muestra y sobre la palma de la mano, con gotas de agua formar una masa moldeable semejante a una esfera, colocar entre los dedos índice y pulgar, ejercer una pequeña presión en forma de cinta, si no se forma la cinta el suelo es Arenoso Francoso, en caso de formar la cinta de 2,5 cm es un suelo Franco Arenoso, si no es suave es Franco Arenoso, si no es grueso y ni suave es un suelo Franco, todos los tipos de suelos caracterizados ir colocando en una tabla de datos (Correa, 2017). Se puede determinar la textura del suelo con técnicas de percepción organoléptica con el uso del tacto y vista (Cristian, 2023).

**Tabla 3-6:** Textura y tipos de suelos, con relación del porcentaje de arena-limo-arcilla.

<b>Tipos de suelo</b>	<b>Textura</b>	<b>G</b>	<b>Simbología</b>
<b>Livianos</b>	Arenoso	90-5-5	a
	Arenoso franco	80-15-5	aF
<b>Medios</b>	Franco arenoso	65-25-10	Fa
	Franco	40-40-20	F
	Franco Limoso	20-65-15	FL
	Franco arcilloso arenoso	35-35-30	FAa
<b>Pesados</b>	Franco arcilloso	35-30-35	FA
	Franco arcillo limoso	10-35-55	FAL
	Limoso	10-85-5	L
	Arcillo arenoso	55-5-40	Aa
	Arcillo limoso	5-50-45	AL
	Arcilloso	10-20-60	A

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

#### d) Determinación de Materia Orgánica

Para determinar la materia orgánica de las muestras de suelo se hace uso de la primera metodológica de ignición, la cual consiste en la combustión de muestras de suelo a altas temperaturas y pérdida de peso de estos, esta metodología es más económico y exacta (Cristian, 2023). En el siguiente

##### - *Peso 1*

Se procede a lavar y secar los crisoles de 30 ml para posterior tarar, el cual consiste en llevar a un horno mufla a 800 °C por 2 horas, después se procede a retirar los crisoles del horno mufla para llevarlos a un desecador con silica gel hasta que lleguen a temperatura ambiente, se procede a etiquetar los crisoles con un lápiz y con códigos de cada muestra, para posterior pesar en una balanza analítica, de esta forma se obtiene el primer peso.

##### - *Peso 2*

Se hace uso de la balanza analítica para medir 5 gramos de muestra del suelo previamente seca, triturada y tamizada, para esto hacemos uso de un fragmento de papel aluminio.

##### - *Peso 3*

Las muestras de suelos se colocan en cada crisol con su previa etiqueta, para llevarlas a la estufa a 105 °C, durante 2 h, una vez transcurrido el tiempo se sacan las muestras para ser llevados a un desecador hasta llegar a temperatura ambiente, procediendo se pesa en la balanza analítica y se registra los datos del tercer peso.

##### - *Peso 4*

Nuevamente los crisoles con las muestras son llevados a la mufla, durante 24 h a 360 °C, se procede a llevar las muestras a un desecador hasta que obtengan una temperatura ambiente, se saca con cuidado y se lleva a la balanza analítica para obtener el nuevo peso e ir anotando los nuevos valores en la base de datos. Una vez realizado el proceso de incineración se aplica la fórmula de materia orgánica en la que remplazamos los pesos de las muestras obtenidas para posterior obtener el porcentaje de carbono en el suelo.

$$\% MO = \frac{(Peso\ 3 - Peso\ 4)}{(Peso\ 3 - Peso\ 1)} \times 100$$

e) Determinación de Carbono orgánico

El carbono orgánico es el resultado de residuos orgánicos de vegetales, animales, diferentes microorganismos, representa el 48 % la salida de Carbono del suelo en estado gaseoso de CO<sub>2</sub> al medio atmosférico, lixiviación y erosión. Para este procedimiento usamos el método de combustión en seco (Cristian, 2023). Aplicamos el factor de Van Bemmelen de 1,724 en la que se hace referencia que el 58 % de la Materia Orgánica está compuesta principalmente por Carbono orgánico, para lo cual aplicamos la siguiente ecuación:

$$\% CO = \frac{(\%MO)}{(1,724)}$$

3.5.2.3 *Materiales y equipos*

- |  |  |
|--|--|
| <p>a) Materiales</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Azadón</li> <li>- Pala</li> <li>- Flexómetro</li> <li>- Machete</li> <li>- Espátula</li> <li>- Tamiz de acero inoxidable</li> <li>- Fundas Ziploc</li> <li>- Marcador permanente</li> <li>- Saquillos</li> <li>- Bandeja aluminio o pale aluminio</li> <li>- Papel de cocina</li> <li>- Mortero</li> <li>- Probetas 25 ml</li> <li>- Tubos falcón</li> <li>- Munsell Soil Color Charts</li> <li>- Vidrio de reloj</li> <li>- Cuenta gotas</li> <li>- Pinzas</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Guantes protectores térmicos</li> <li>- Agua destilada</li> <li>- Lápiz punta</li> </ul> <p>b) Equipos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- GPS (Geoposicionador) o aplicación móvil UTMGeoMap</li> <li>- Balanza Colgante Manual Reloj</li> <li>- Balanza analítica</li> <li>- Potenciómetro</li> <li>- Conductímetro</li> <li>- Estufa</li> <li>- Horno Mufla</li> <li>- Agitador</li> </ul> <p>c) Reactivos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Agua destilada</li> </ul> |
|--|--|

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Procesamiento y resultados

##### 4.1.1 Características físico-químicas de los suelos

Las características físicas (color, humedad, textura, densidad aparente) y factores químicos (pH, Conductividad eléctrica, materia y carbono orgánicos), tiene relación con el porcentaje de carbono en los suelos (Barrales et al.,2022).

##### 4.1.1.1 Características físicas

#### Color

El color es uno de los parámetros para evaluar el contenido de materia orgánica en los suelos, para determinar el color de las muestras se utilizó la tabla de Munsell, el resultado del color dependerá de factores como altitud del lugar, tipo de vegetación parental, minerales del suelo y desintegración de la materia orgánica del lugar, en tonalidades oscuras su contenido de materia orgánica es alta, por ende, el color del suelo es proporcional al contenido de minerales (Núñez, 2021)

**Tabla 4-1:** Color de tres tipos de suelos a diferentes profundidades (10, 30, 60 cm).

ZONA	TIPO	ID muestras	Profundidad muestreo		
			0 – 10 cm	10 – 30 cm	30-60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm	PASTO	<b>LLGB</b>	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro
		<b>LCM</b>	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo obscuro	10YR3/3 Pardo obscuro
		<b>CCGR</b>	10YR5/2 Pardo grisáceo	10YR6/2 Pardo grisáceo claro	10YR5/2 Pardo grisáceo
	AGRÍCOLA	<b>LLGB</b>	10YR2/2 Pardo muy oscuro	10YR4/2 Pardo grisáceo oscuro	10YR2/2 Pardo muy oscuro
		<b>LCM</b>	10YR3/3 Pardo obscuro	10YR5/3 Pardo café	10YR6/4 Pardo amarillado

	<b>BOSQUE</b>	<b>CCGR</b>	10YR3/2 Pardo grisáceo muy oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR4/2 Pardo grisáceo oscuro
		<b>LLGB</b>	10YR5/3 Café pardo	10YR5/2 Pardo grisáceo	10YR5/3 Café pardo
		<b>LCM</b>	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro
		<b>CCGR</b>	10YR6/2 Pardo grisáceo claro	10YR6/3 Pardo pálido	10YR6/3 Pardo pálido
ZONA MEDIA 2073-3028 msnm	<b>PASTO</b>	<b>TZQ</b>	10YR5/3 Pardo café	10YR5/3 Pardo café	10YR3/3 Pardo oscuro
		<b>CLL</b>	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro
		<b>SATG</b>	10YR3/1 Pardo muy grisáceo	10YR3/1 Pardo muy grisáceo	10YR2/1 Negro
	<b>AGRÍCOLA</b>	<b>TZQ</b>	10YR4/2 Pardo grisáceo oscuro	10YR4/2 Pardo grisáceo oscuro	10YR4/2 Pardo grisáceo oscuro
		<b>CLL</b>	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro	10YR3/3 Pardo oscuro
		<b>SATG</b>	10YR5/2 Pardo grisáceo	10YR5/2 Pardo grisáceo	10YR5/2 Pardo grisáceo
	<b>BOSQUE</b>	<b>TZQ</b>	10YR6/3 Pardo pálido	10YR5/3 Pardo café	10YR5/3 Pardo café
		<b>CLL</b>	10YR5/3 Pardo café	10YR6/3 Pardo pálido	10YR6/3 Pardo pálido
		<b>SATG</b>	10YR5/3 Pardo café	10YR5/3 Pardo café	10YR5/3 Pardo café
	ZONA BAJA 2700 – 2833 msnm	<b>PASTO</b>	<b>MBG</b>	10YR4/3 Marrón	10YR4/2 Marrón Grisáceo oscuro
<b>TSN</b>			10YR7/1 Gris Claro	10YR3/1 Gris Claro	10YR3/1 Gris Claro
<b>TGI</b>			10YR3/1 Gris Claro	10YR Gris	10YR3/1 Gris Claro
<b>AGRÍCOLA</b>		<b>MBG</b>	10YR5/2 Marrón Grisáceo	10YR5/2 Marrón Grisáceo	10YR5/2 Marrón Grisáceo
		<b>TSN</b>	10YR3/1 Gris Claro	10YR3/1 Gris Claro	10YR5/1 Gris
		<b>TGI</b>	10YR5/1 Gris	10YR3/1 Gris claro	10YR5/1 Gris
<b>BOSQUE</b>		<b>MBG</b>	10YR4/3 Marrón	10YR4/3 Marrón	10YR Marrón Grisáceo
		<b>TSN</b>	10YR5/1 Gris	10YR3/1 Gris claro	10YR3/1 Gris claro
		<b>TGI</b>	10YR3/1 Gris Claro	10YR3/1 Gris Claro	10YR5/1 Gris

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

En la Tabla 4-1 las características físicas “color” de los suelos de la parroquia Licto. LLGB(Llugshibug), LCM (Lucero Loma), CCGR (Cecel Grande), TZQ (Tzimbuto Quinchuan),

CLL (Cuello Loma), SATG (Santa Ana de Guaghñag), MBG (Molobog), TSN (Tunshi San Nicolas), TGI (Tunshi San Ignacio).

En la Tabla 4-1 se puede observar diferentes colores de suelo de acuerdo con la tabla Munsell, en la que se clasifica por los tres usos de suelos y altitud a la que se encuentran, en la zona alta dentro de los suelos de pasto predomina el color 10 YR3/3 (pardo oscuro) en las tres profundidades mismo que indica por interacción del suelo con los factores climáticos de humedad e intervención antropogénica, (Núñez, 2021), en los suelos agrícolas se observa un color 10YR4/2 (pardo grisáceo) Oscuro esto normalmente por las actividades agrarias, en suelos de estos sectores no hay aplicación de agua por ende no hay humedad, haciendo que el color sea grisáceo, en los suelos de bosque domina el color 10YR3/3 (pardo oscuro) debido a que los bosques son buenos almacenando humedad mismos que dan estas características de color.

En la zona media a una altitud de 2073 m.s.n.m. en los suelos de pasto, el color que predomina en las profundidades de 10, 30 y 60 cm es el color 10YR3/3 (pardo oscuro), en los suelos agrícolas el color predominante es el color 10YR4/2 (pardo grisáceo) esto es el resultado por la intervención humana, los suelos boscosos a hay dos colores predominantes estos son 10YR5/3 (Pardo café) y 10YR5/3 (Pardo café) estos colores por la humedad presente.

En la zona baja a la altitud de 2700 m.s.n.m. los suelos de pastos presentan un color 10YR4/3 (marrón) y 10YR3/1 (gris claro) estos colores son normales en los suelos de bajas altitudes en este caso, los suelos agrícolas presentan colores 10YR3/1 (Gris Claro), 10YR5/2 (Marrón Grisáceo) y 10YR5/1 (Gris) en las tres profundidades, estos colores se debe a las prácticas agrícolas que se dan en este sector en su gran mayoría, mismos que alteran la compactación, aceleran la erosión y genera desbalance de agua y aire, cambian el color, en consecuencia disminuye a fertilidad (Santander, 2021), los suelos, los suelos de bosques presentan colores 10YR4/3 Marrón, 10YR3/1 Gris claro y 10YR Marrón Grisáceo, en su gran mayoría por la altitud y el tipo de textura del suelo boscoso (Baldoceca, 2021).

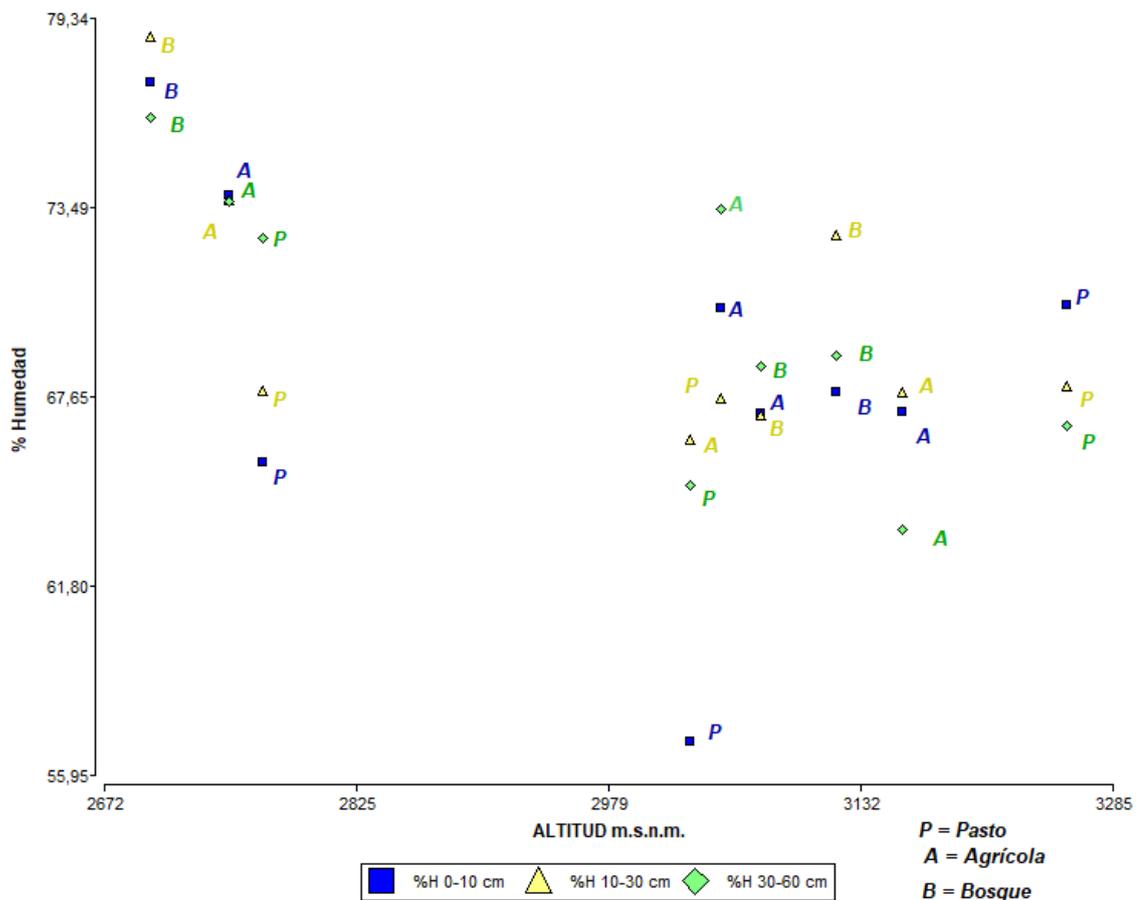
## Humedad

**Tabla 4-2:** Valores estadísticos, en profundidad de muestreo 0-10, 30 y 60 cm, de humedad en los tres sistemas de uso de suelo, a tres zonas altitudinales diferentes.

ZONA	SUELOS	ESTADÍSTICA	HUMEDAD %		
			10 cm	30 cm	60 cm
<b>PROFUNDIDAD</b>			10 cm	30 cm	60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm.	PASTO	Media	70,49	67,94	66,75
		Mediana	69,06	69,15	66,21
		Desv. Estándar	1,80	1,83	1,83
		Mínimo	68,99	64,97	64,48
		Máximo	73,43	69,71	69,56
	AGRÍCOLA	Media	67,19	67,75	63,56
		Mediana	67,72	67,67	63,96
		Desv. Estándar	1,17	0,39	1,86
		Mínimo	65,34	67,24	60,75
		Máximo	68,52	68,33	65,96
	BOSQUE	Media	67,79	72,60	68,92
		Mediana	68,55	75,85	71,97
		Desv. Estándar	1,36	5,11	3,81
		Mínimo	52,43	64,32	62,70
		Máximo	69,21	77,63	72,10
ZONA MEDIA 2073-3028 msnm	PASTO	Media	56,97	66,30	64,92
		Mediana	54,55	65,81	65,82
		Desv. Estándar	4,33	1,46	3,24
		Mínimo	52,43	64,53	59,96
		Máximo	63,94	68,57	68,98
	AGRÍCOLA	Media	70,36	67,55	73,43
		Mediana	70,84	68,04	73,06
		Desv. Estándar	3,01	3,27	1,33
		Mínimo	65,88	62,70	71,76
		Máximo	74,36	71,90	75,46
	BOSQUE	Media	67,11	67,02	68,59
		Mediana	66,62	62,70	74,45
		Desv. Estándar	2,52	3,62	3,75
		Mínimo	63,82	61,19	64,13
		Máximo	70,89	70,73	74,45
ZONA BAJA 2700 – 2833 msnm	PASTO	Media	65,61	67,81	72,55
		Mediana	61,42	65,74	73,09
		Desv. Estándar	6,01	4,38	1,87
		Mínimo	60,01	62,92	69,67
		Máximo	75,39	74,77	74,88
	AGRÍCOLA	Media	73,86	73,66	73,70
		Mediana	73,96	73,63	67,78

		Desv. Estándar	0,45	3,08	8,04
		Mínimo	73,17	69,31	66,51
		Máximo	74,44	78,03	86,82
	BOSQUE	Media	77,35	78,72	76,27
		Mediana	75,28	76,77	76,26
		Desv. Estándar	4,71	4,46	1,48
		Mínimo	71,96	73,63	74,18
			84,80	85,77	78,37

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



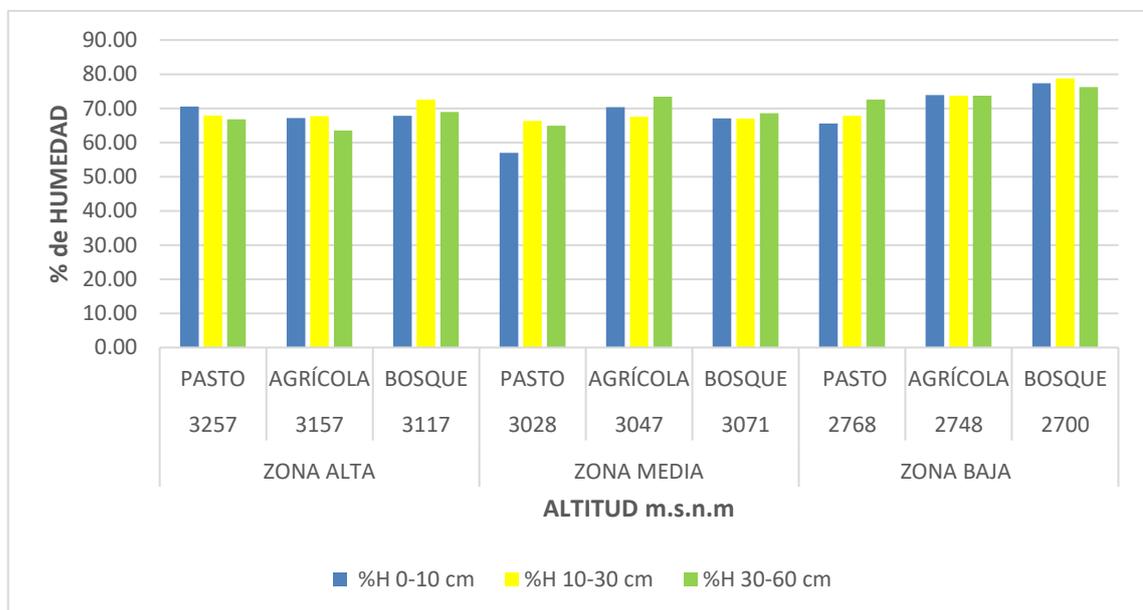
**Ilustración 4-1:** Gráfico de puntos de dispersión de humedad

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

La humedad es uno de los parámetros físicos que nos ayuda a determinar la calidad de suelo y porcentaje de materia orgánica, debido a que es uno de factores que ayuda en la degradación de residuos vegetales y animales (Baldoce et al., 2021). En la zona alta del suelo Pasto el promedio de humedad mal alto a las profundidades se encuentra en los primeros 10 cm con 70,49 %, mismo que indica que se encuentra en buena calidad de humedad del suelo de pasto, en el suelo agrícola se obtiene que alto porcentaje de humedad a 30 cm de profundidad con 67,75 % se observa que

no existe gran diferencia con respecto a los 10 cm mismo que registra 67,19 % la humedad disminuye con respecto al suelo de pasto debido a las mismas prácticas agrícolas de la zona, en el suelo de bosque se observa que 30 cm la humedad se encuentra a 72,60 % un valor alto con respecto a los demás suelos (Tabla 4-2), esto se debe a que los suelos de bosque sirven como almohadillas para conservar más tiempo el agua por ende la humedad (Cruz et al., 2021). La humedad en la zona medio del suelo de pasto es mayor en 30 cm de profundidad con 66,30 %, en el suelo agrícola oscila entre 70,36 a 10 cm a comparación de 60 cm con 73,43 % de humedad, se observa que en la zona media a humedad es mayor a la zona alta por la altitud en la que se encuentran (Huamán et al., 2021), en el suelo de bosque el promedio de humedad es de 68,59 % mismo que representa mayor porcentaje a 60 cm de profundidad. En la zona baja los suelos de pastos donde se registra mayor porcentaje de humedad es a 60 cm con 72,55 % , en el suelo de agrícola el mayor porcentaje es a los 10 cm, aunque se observa que no tiene mucha varianza entre las tres profundidades ya que se encuentran en los mismos valores, a 30 cm es 73,63% a 60 cm registra 73,70 %, en el suelo de bosque se encuentra que a 30 cm de profundidad hay mayor porcentaje de humedad con 78,72 %, efectivamente los suelos de la zona baja contienen altos porcentajes de humedad que superan el 70% esto se debe a la altitud como se observa en la (Ilustración 4-1), a baja altitudes el porcentaje de humedad es baja (Mata, 2022). De esta forma se puede visualizar que el mayor porcentaje de humedad se da en la zona de altitud baja, (Ilustración 4-1).



**Ilustración 4-2:** Representación gráfica del porcentaje de humedad mediante barras

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Excel, 2023

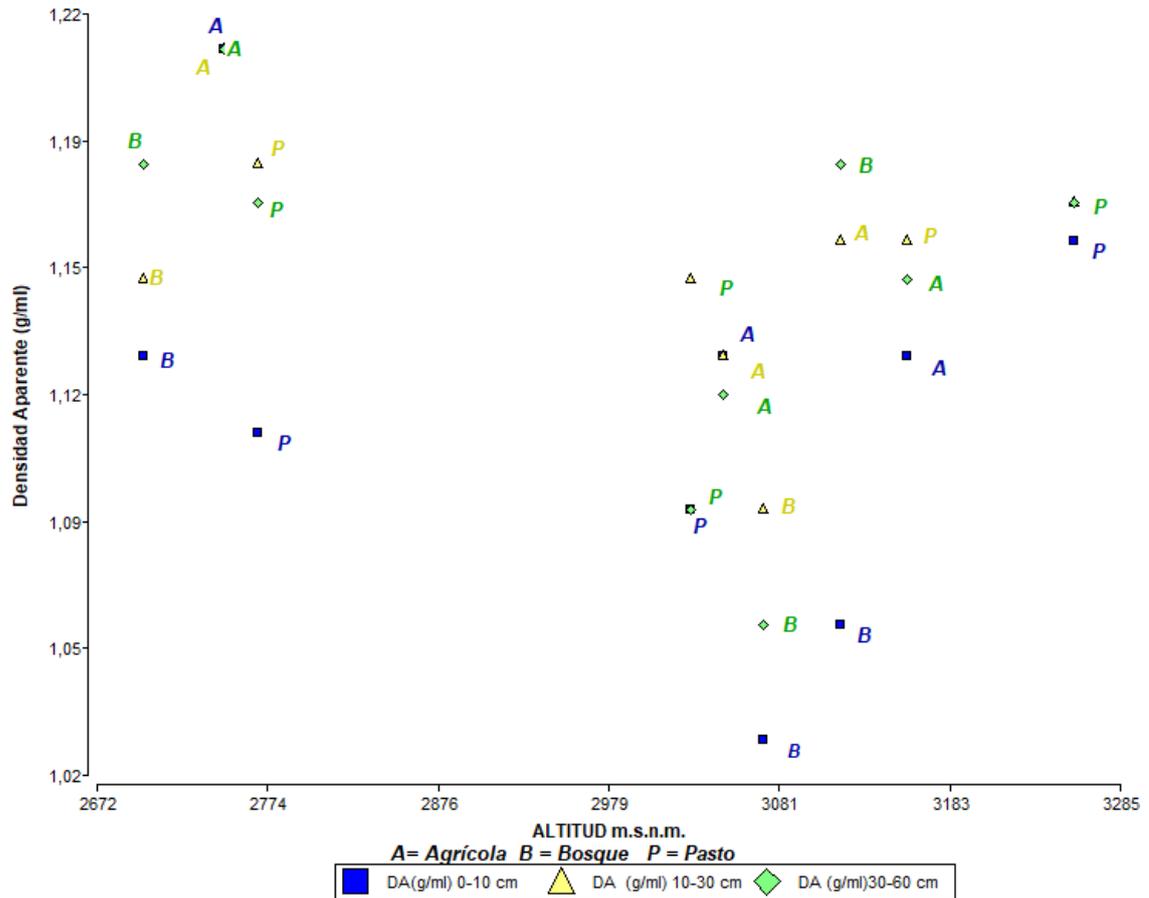
## Densidad aparente

**Tabla 4-3:** Valores estadísticos, en profundidad de muestreo 0-10, 30 y 60 cm, de densidad aparente en los tres sistemas de uso de suelo, a tres zonas altitudinales diferentes

ZONA	SUELOS	ESTADÍSTICA	DENSIDAD APARENTE (g/ cm <sup>3</sup> )		
			10 cm	30cm	60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm.	PASTO	Media	1,03	0,91	0,83
		Mediana	1,04	1,04	0,92
		Desv. Estándar	0,05	0,12	0,06
		Mínimo	0,86	0,62	0,63
		Máximo	1,19	1,06	0,93
	AGRÍCOLA	Media	0,95	1,08	1,00
		Mediana	0,95	1,01	1,00
		Desv. Estándar	0,07	0,08	0,03
		Mínimo	0,76	0,92	0,88
		Máximo	1,14	1,31	1,13
	BOSQUE	Media	0,95	1,16	0,96
		Mediana	1,03	1,09	0,92
		Desv. Estándar	0,05	0,19	0,03
		Mínimo	0,77	0,90	0,88
		Máximo	1,05	1,50	1,09
ZONA MEDIA 2073-3028 msnm	PASTO	Media	1,03	1,15	1,13
		Mediana	1,03	1,20	1,09
		Desv. Estándar	0,01	0,04	0,05
		Mínimo	0,95	0,99	1,00
		Máximo	1,10	1,27	1,30
	AGRÍCOLA	Media	0,96	1,03	1,15
		Mediana	0,99	1,06	1,10
		Desv. Estándar	0,17	0,02	0,10
		Mínimo	0,65	0,92	0,95
		Máximo	1,23	1,13	1,40
	BOSQUE	Media	1,03	1,21	1,33
		Mediana	1,07	1,28	1,29
		Desv. Estándar	0,03	0,08	0,01
		Mínimo	0,89	0,98	1,28
		Máximo	1,12	1,36	1,42
ZONA BAJA 2700 – 2833 msnm	PASTO	Media	1,39	1,31	1,28
		Mediana	1,26	1,31	1,31
		Desv. Estándar	0,14	0,03	0,03
		Mínimo	1,21	1,20	1,15
		Máximo	1,69	1,43	1,37
	AGRÍCOLA	Media	1,31	1,25	1,22
		Mediana	1,25	1,24	1,17
		Desv. Estándar	0,10	0,01	0,04
		Mínimo	1,13	1,20	1,11
		Máximo	1,56	1,31	1,38
	BOSQUE	Media	1,18	1,26	1,41
		Mediana	1,30	1,21	1,45

	Desv. Estándar	0,13	0,06	0,01
	Mínimo	0,88	1,13	1,33
		1,36	1,45	1,47

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



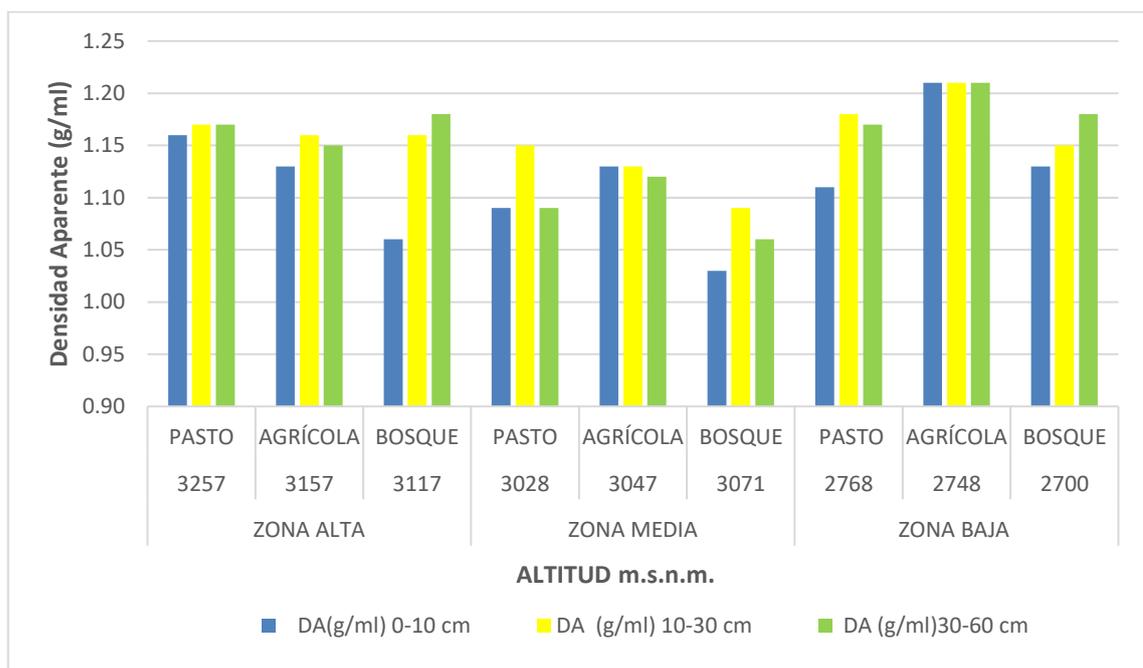
**Ilustración 4-3:** Gráfico de densidad aparente

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

La densidad aparente es una propiedad física para determinar cómo influye en el almacenamiento de carbono en el suelo, a mayor porcentaje de densidad aparente la porosidad del suelo disminuye, dificultando el crecimiento y desarrollo microbiológico de raíces (Bermeo y Correa, 2020). La densidad aparente que presenta la zona alta en suelos de pasto es mayor a 10 cm de profundidad con 1,03 (g/ cm<sup>3</sup>) de promedio esto se debe a la compactación de partículas del suelo por pisadas del animales vacunos o bovinos, en suelos agrícolas se registran que a 30 cm presenta mayor compactación con 1,08 (g/ cm<sup>3</sup>) en los suelos de bosque a 30 cm (Tabla 4-3) su compactación es mucho mayor esto debido a la zona boscosa y vegetación de arbusto (Cruz et al., 2021), de acuerdo a los datos obtenidos se observa que los suelos de pasto presentan densidades aparentes más altos a 30 y 60 cm con 1,15 (g/ cm<sup>3</sup>), los suelos agrícolas presentan resultados menores a causa de prácticas agrarias del sector, como; arado, los cuales afectan a la estructura y densidad aparente

de los suelos, registrando a 10 cm  $0,95 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  a 30 cm  $1,08 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  y 60cm  $(1,0 \text{ g/cm}^3)$ . En la zona media en suelos de pasto la densidad aparente a 30 cm es mayor con  $1,15 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ , de acuerdo a los resultados obtenidos para los suelos agrícolas del sector a la profundidad de 10 cm y 30 cm la densidad aparente es de  $0,96 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ , de los suelos de bosque se observa que a 30 cm resulta  $1,09 \text{ (g/ml)}$ , realizando una comparación de esta zona, los suelos de pasto tienen valores altos de compactación de suelo por el pastoreo, los suelos agrícolas presentan valores intermedios de  $1,15 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  y baja compactación los suelos de bosques, por la intervención de las raíces en los primeros 10 cm de profundidad (Nuñez et al., 2021). La densidad aparente en la zona baja en suelos de pasto el promedio más alto presenta a 60 cm de profundidad con  $1,33 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ , en suelos agrícolas la densidad aparente permanece constante en las tres profundidades con  $1,25 \text{ (g/cm}^3\text{)}$ , en los suelos de bosque el promedio más alto es de  $1,26 \text{ (g/cm}^3\text{)}$  (Ilustración 4-4), la relación de densidad de las tres zonas presenta diferencia significativa de 0,01 % (Tabla 4-3) debido a las características altitudinales del sector misma donde la actividad de pastoreo no es muy pronunciada, la densidad aparente de la zona baja en los suelos agrícolas es mayor por actividades agrarias de manufactura, tractoreo entre otros (Barrezueta et al., 2020).



**Ilustración 4-4:** Representación gráfica del porcentaje de Densidad aparente mediante barras

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Excel, 2023

## Textura

**Tabla 4-4:** Características físicas “Textura” de los suelos de la parroquia Licto

ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm									
	PASTO			AGRÍCOLA			BOSQUE		
ID COMUNIDADES	10 cm	30 cm	60 cm	10 cm	30 cm	60 cm	10 cm	30 cm	60 cm
LLGB	aF	aF	aF	aF	aF	aF	a	a	a
LCM	aF	aF	aF	aF	aF	aF	a	a	a
CCGR	aF	aF	aF	aF	aF	aF	a	a	a
ZONA MEDIA 2073-3028 msnm									
TZQ	aF	aF	aF	aF	aF	aF	F	F	F
CLL	aF	aF	aF	aF	aF	aF	F	F	F
SATG	aF	aF	aF	aF	aF	aF	F	F	F
ZONA BAJA ZONA BAJA 2700 – 2833 msnm									
MBG	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF
TSN	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF
TGI	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF	aF

\*LLGB(Llugshibug), LCM (Lucero Loma), CCGR (Cecel Grande), TZQ (Tzimbuto Quincahuan), CLL (Cuello Loma), SATG (Santa Ana de Guaghñag), MBG (Molobog), TSN (Tunshi San Nicolas), TGI (Tunshi San Ignacio). \* aF(arenoso franco), \*F(Franco), \*a(arenoso).

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

Es importante determinar la textura del suelo para estipular las proporciones cuantitativas granulométricas que presenta el suelo, (Ciancaglini, 2023). Los suelos analizados en las tres zonas presentan similitud, en la zona alta, los suelos de pasto y agrícolas son aF (Arenoso franco) con relación de arena-limo-arcilla(80-15-5 %), a excepción del suelo de bosques que presentan suelos a(arenosos) con relación de arena-limo-arcilla (90-5-5 %), de la zona media los suelos de pasto y agrícola presentan suelos aF(Arenoso franco) con relación de arena-limo-arcilla(80-15-5 %), los suelos de boques presentan suelos F(Franco) con relación arena-limo-arcilla(40-40-20 %) según la (Tabla 4-4). Todos los suelos de zona baja presentan textura aF(Arenoso Franco), que de acuerdo al estudio realizado por Osorio (2022) en su libro, en la que afirma que los suelos de altitudes bajas son arena franca con coloraciones de pardo grisáceo a una profundidad de (60 a > 120 cm).

## Propiedades químicas

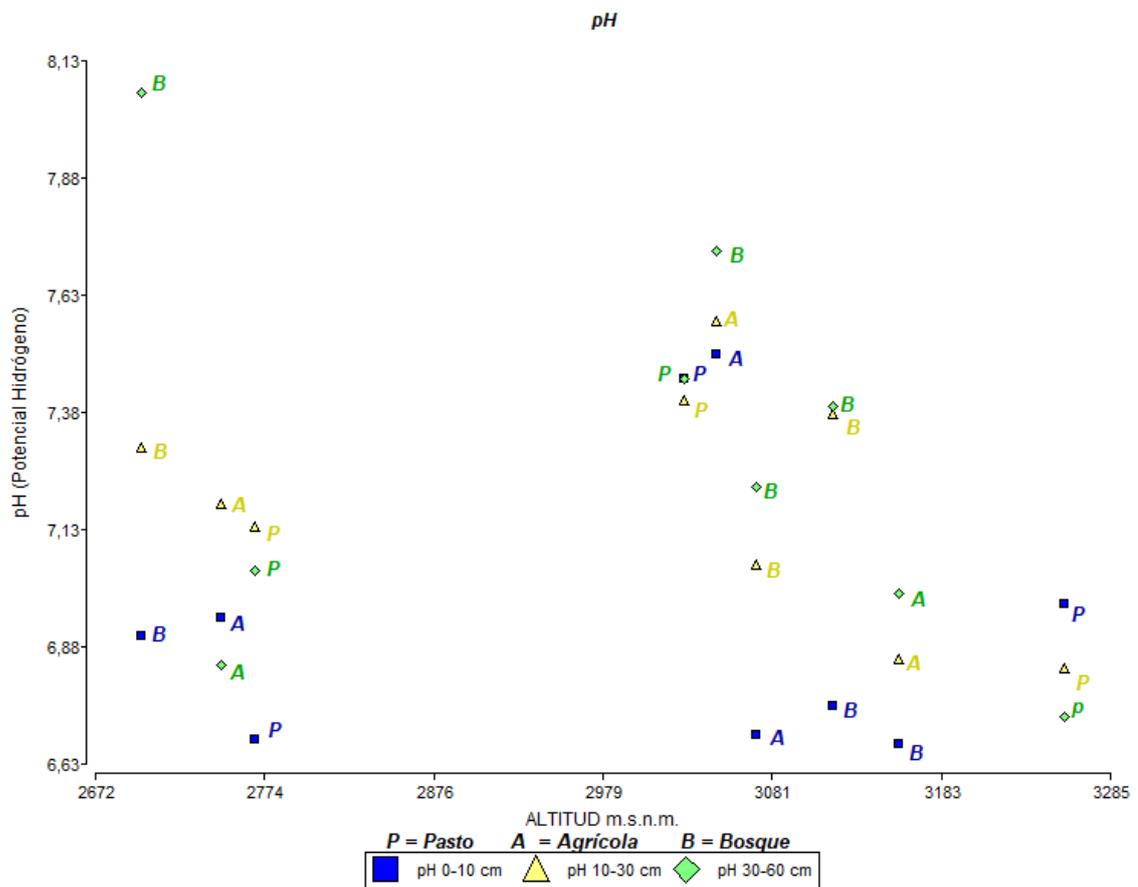
a) pH

**Tabla 4-5:** Análisis estadístico de pH.

ZONA	TIPO	MEDIAS	PH		
			10 cm	30 cm	60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm	PASTO	Media	6,97	6,83	6,73
		Mediana	7,00	6,70	6,90
		D. Estandar	0,11	0,23	0,27
		Mínimo	6,80	6,60	6,30
		Máximo	7,10	7,20	7,00
	AGRÍCOLA	Media	6,67	6,85	6,99
		Mediana	6,65	6,95	7,09
		D. Estandar	0,17	0,27	0,17
		Mínimo	6,45	6,43	6,72
		Máximo	6,92	7,18	7,16
	BOSQUE	Media	6,75	7,37	7,39
		Mediana	6,66	7,64	7,66
		D. Estandar	0,27	0,52	0,55
		Mínimo	6,41	6,54	6,52
		Máximo	7,17	7,92	7,99
ZONA MEDIA 2073 – 3028 msnm	PASTO	Media	7,45	7,40	7,45
		Mediana	7,45	7,41	7,44
		D. Estandar	0,73	0,50	0,44
		Mínimo	6,42	6,68	6,83
		Máximo	8,49	8,10	8,08
	AGRÍCOLA	Media	7,50	7,57	7,72
		Mediana	7,49	7,57	7,85
		D. Estandar	0,06	0,10	0,27
		Mínimo	7,41	7,43	7,28
		Máximo	7,59	7,72	8,02
	BOSQUE	Media	6,69	7,05	7,22
		Mediana	6,71	7,58	7,49
		D. Estandar	0,01	0,33	0,23
		Mínimo	6,68	6,75	6,87
		Máximo	6,71	7,58	7,49
ZONA BAJA 2700 – 2833 msnm	PASTO	Media	6,68	7,13	7,04
		Mediana	7,07	7,13	7,00
		D. Estandar	0,70	0,27	0,20
		Mínimo	5,56	6,75	6,78
		Máximo	7,41	7,51	7,33

	AGRÍCOLA	Media	6,94	7,18	6,84
		Mediana	6,84	7,07	6,85
		. Estandar	0,30	0,39	0,08
		Mínimo	6,57	6,68	6,73
		Máximo	7,41	7,78	6,95
	BOSQUE	Media	6,90	7,30	8,06
		Mediana	6,77	7,43	8,16
		D. Estandar	0,35	0,37	0,56
		Mínimo	6,48	6,73	7,22
		Máximo	7,45	7,74	8,80

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



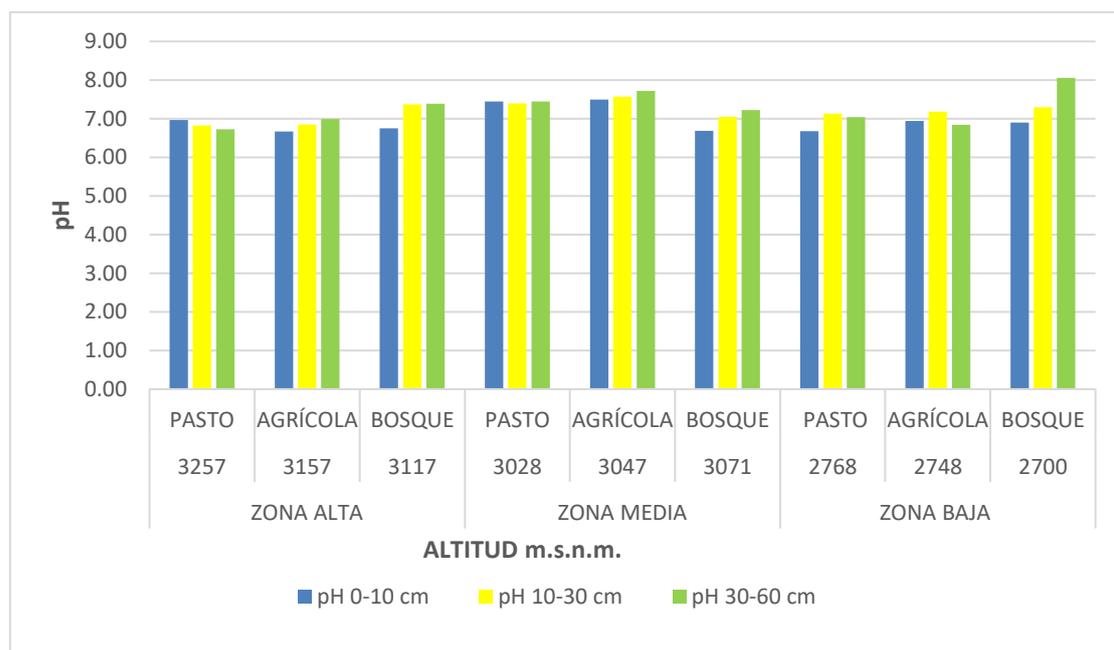
**Ilustración 4-4:** Gráfico de pH

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

El pH es uno de los parámetros químicos principales para determinar la calidad del suelo, también conocido como Potencial de Hidrógeno (Correa, 2017), evalúa la actividad de los iones de hidrógeno midiendo el grado de acidez o alcalinidad misma que ayudara al crecimiento de las plantas (Baldoce, 2021)). En la zona alta a una altitud de 3257 en los tres tipos de suelos se registra valores neutrales desde 6,67 en suelo agrícola hasta 7,39 en el bosque, no existe diferencia ya que

según la tabla muestran resultados neutrales, pero se analiza que el pH en el suelo de pastoreo y agrícola no llega a 7 a comparación del suelo de bosque mismo que llega a registrar 6,75 a 10 cm, 7,37 a 30 cm y 7,39 a 60 cm de profundidad (Tabla 4-5), esto se debe a que el pH es mayor en ausencia suelo de pasto y agrícola, por ende, en el suelo de bosque el pH es mayor (Mata, 2022) . En la zona media a una altitud de 3028 en suelos de pastos se registra el pH de 7,40 a 7,45 en las tres profundidades presentándose ligeramente alcalino, en los suelos agrícolas también se encuentran dentro del mismo rango, por ende, no existe mucha diferencia, los suelos de bosque presentan medidas diferentes, a 10 cm con 6,69 a 30 cm 7,05 y a 60 cm 7,22 encontrándose dentro del rango neutral. A una altitud de 2710 en la zona baja del suelo pasto se encuentra en el rango neutral con un promedio de 6,68 a 10 cm, 7,13 a 30 cm y 7,04 a 60 cm, en los suelos agrícolas el pH más bajo es de 6,84 a 60 cm y el pH más alto es a 30 cm con 7,18, encontrándose dentro del rango de neutralidad, los suelos de bosques de la zona baja registran un pH promedio más bajo de 6,90 a 10 cm y 7,30 a 30 cm, encontrándose en un rango neutral, en (Ilustración 4-6) se observa el pH más alto a 60 cm con 8,06 registrándose como ligeramente alcalino (Ilustración 4-3), dando a conocer que a menor altitud el pH va en aumento, por temperatura y la climatología de la zona (Mata, 2022).



**Ilustración 4-5:** Representación gráfica de valores medios de pH mediante barras

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Excel, 2023

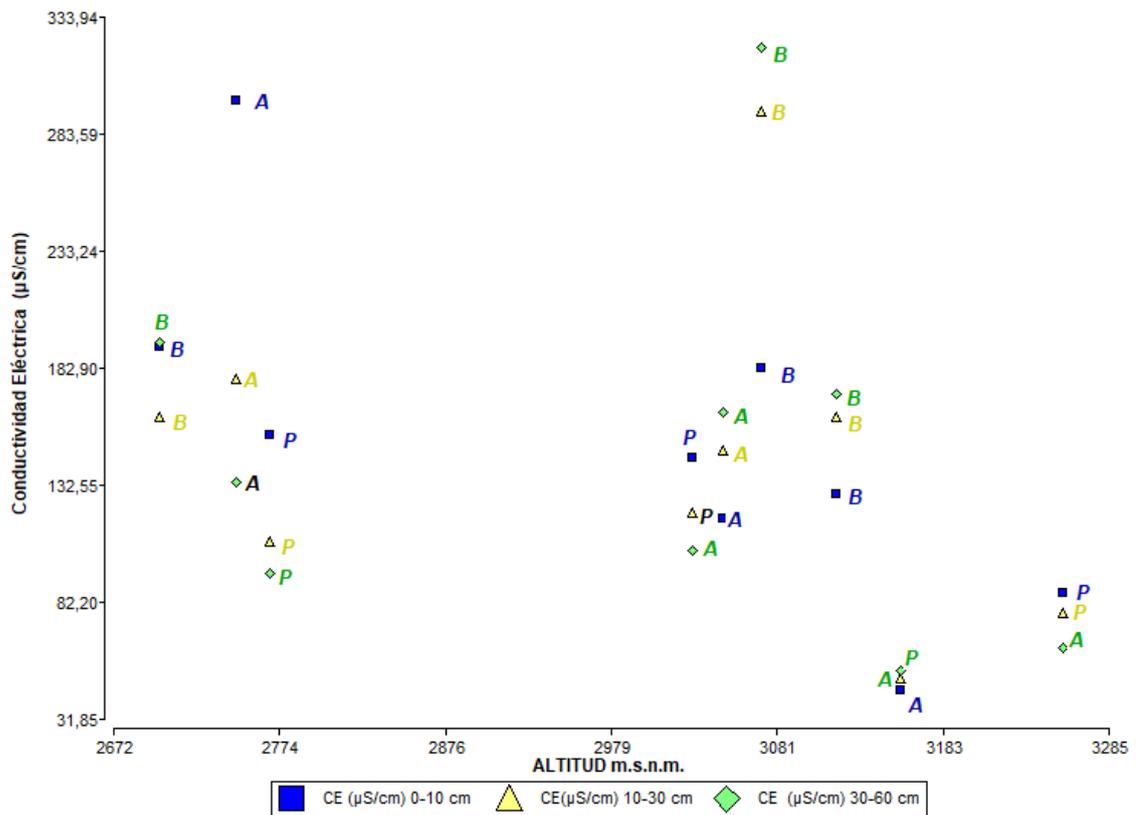
## Conductividad eléctrica CE (dS/m)

**Tabla 4-6:** Análisis estadístico de Conductividad eléctrica

ZONA	TIPO	MEDIAS	CE ( $\mu\text{S}/\text{CM}$ )		
			10 cm	30 cm	60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm	PASTO	Media	86,07	76,80	62,50
		Mediana	83,40	81,20	60,60
		D. Estandar	7,26	7,44	12,11
		Mínimo	77,40	64,80	46,40
		Máximo	97,40	84,40	80,50
	AGRÍCOLA	Media	44,51	48,74	52,94
		Mediana	45,89	52,71	58,46
		D. Estandar	4,71	6,11	8,66
		Mínimo	37,26	38,83	38,91
		Máximo	50,38	54,67	61,45
	BOSQUE	Media	128,68	161,22	170,65
		Mediana	112,30	172,16	182,40
		D. Estandar	23,25	17,75	14,85
		Mínimo	136,40	135,90	98,56
		Máximo	166,54	179,00	183,16
ZONA MEDIA 2073 – 3028 msnm	PASTO	Media	144,07	120,11	104,56
		Mediana	136,40	135,90	98,56
		D. Estandar	14,70	20,52	17,74
		Mínimo	128,20	86,62	83,02
		Máximo	167,60	137,80	132,10
	AGRÍCOLA	Media	118,07	147,18	163,62
		Mediana	124,00	150,65	165,00
		D. Estandar	35,96	52,83	57,54
		Mínimo	64,52	70,79	81,57
		Máximo	165,70	220,10	244,30
	BOSQUE	Media	182,73	292,73	320,56
		Mediana	165,70	220,10	244,30
		D. Estandar	43,68	153,50	123,40
		Mínimo	122,80	142,30	188,87
		Máximo	246,20	541,60	518,50
ZONA BAJA 2700	PASTO	Media	154,28	107,41	94,67
		Mediana	173,50	132,80	108,80
		D. Estandar	61,13	37,00	32,70

		Mínimo	59,83	47,23	43,01
		Máximo	229,50	142,20	132,20
	AGRÍCOLA	Media	297,67	177,47	133,76
		Mediana	263,50	189,20	125,60
		. Estandar	135,24	41,43	35,89
		Mínimo	125,80	113,90	87,57
	BOSQUE	Máximo	503,70	229,30	188,10
		Media	191,97	161,60	194,33
		Mediana	189,20	165,10	146,80
		D. Estandar	25,90	8,17	63,62
Mínimo		156,80	148,70	138,10	
		Máximo	229,90	171,00	298,10

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



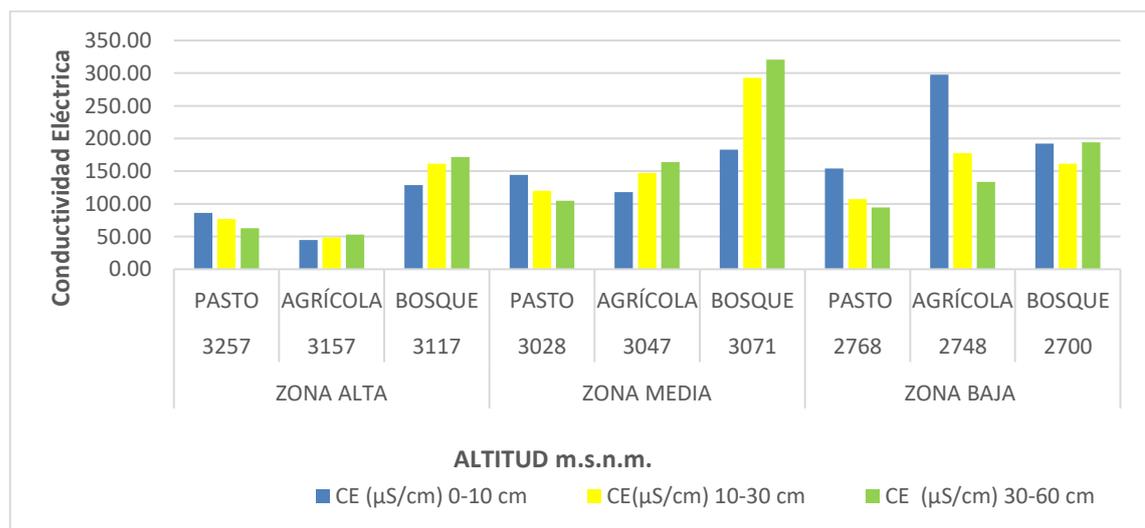
**Ilustración 4-6:** Gráfico de Conductividad eléctrica CE (dS/m)

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

La conductividad eléctrica forma parte del parámetro químico para determinar la calidad del suelo (TULSMA, 2017) mismas que deben llegar a  $200 \mu\text{S/cm}$ , permite calcular la salinidad con el objetivo de determinar las sales solubles presentes en el medio que podrían afectar o beneficiar la

fertilidad del suelo (Gomez et al., 2003), la conductividad eléctrica no tiende a cambiar con respecto a la altura (Páliz, 2017). En la (Tabla 4-6) los promedios en los suelos de pasto de la zona alta en las tres profundidades son baja con un promedio máximo de 86,07  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 10 cm del suelo, en los suelos agrícolas el porcentaje mayor es a 60 cm de profundidad con 52,94  $\mu\text{S}/\text{cm}$  esto se debe a las malas prácticas agrícolas con el monocultivo, en los suelos de bosque tienen resultados mayores con mayor porcentaje a 60 cm con 170,65  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . En los suelos de pasto de la zona media el mayor porcentaje se encuentra a 10 cm con 144,07  $\mu\text{S}/\text{cm}$  esto normalmente por los mismos nutrientes que generan los animales, en el suelo agrícola a 10 cm tiene 118,07  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 30 cm con 147,18  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y a 60 cm con 163,62  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , se observa que a medida que aumenta la profundidad la oscilación disminuye, esto se debe a que en los primeros centímetros se da la agricultura, en los suelos de bosques aumenta considerablemente como se observa en la (Ilustración 4-7) donde a 10 cm con 182,73  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , a 30 cm con 292,73  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y a 60 cm con 320,56  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se observa que en estos suelos hay mayor cantidad de sales por la desintegración de rocas que se encontraron en los lugares muestreados ( Baldoceca et al., 2021), en la zona baja los suelos de pasto se encuentra dentro de los límites con mayor porcentaje a los 10 primeros centímetros con 154,28  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , en los suelos agrícolas se observa que la conductividad eléctrica aumenta considerablemente con 297,67  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los primeros 10 cm, a 30 cm con 177,47  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se debe recalcar que estos valores se debe a las prácticas agrícolas y uso de agroquímicos en grandes porciones de esta zona, los suelos boscosos se encuentran dentro del parámetro con 191,97  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a los 10 cm de profundidad y a 60 cm con 161,60  $\mu\text{S}/\text{cm}$  encontrándose en buen estado (Ilustración 4-3).



**Ilustración 4-7:** Representación gráfica de medias de conductividad eléctrica (dS/m) mediante barras.

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Excel, 2023

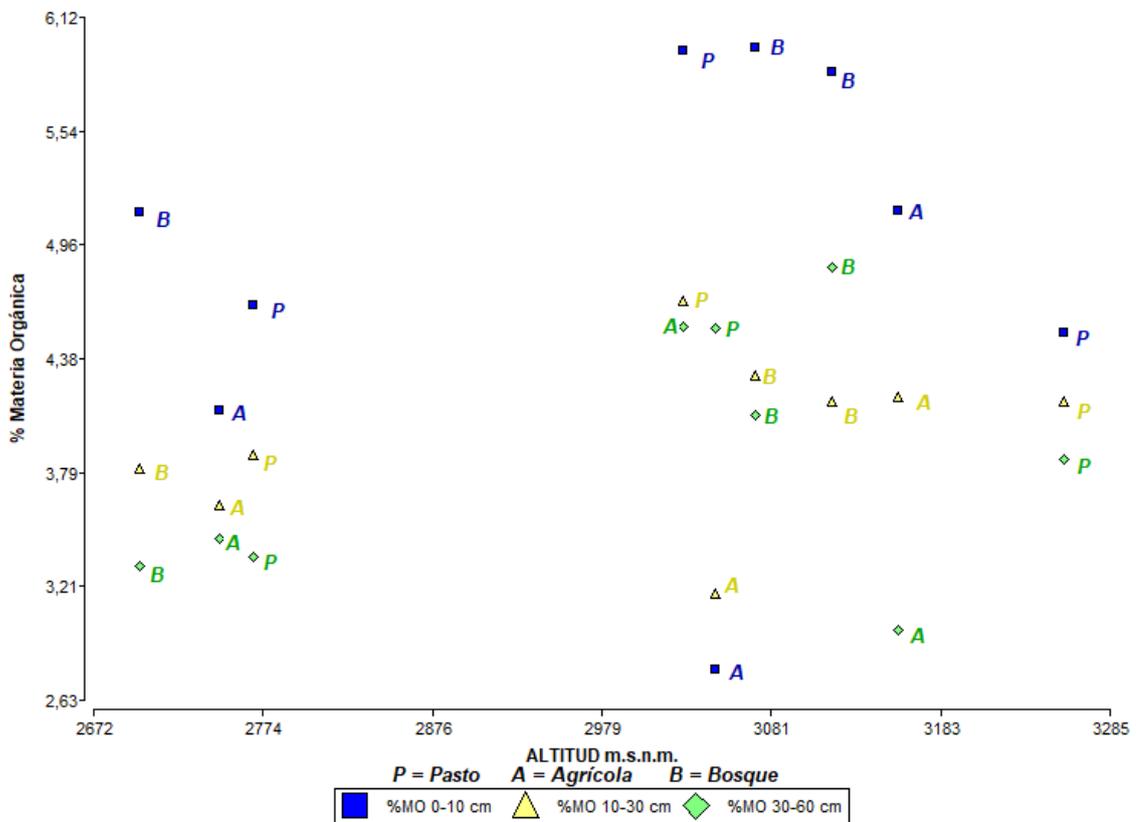
## Materia orgánica

**Tabla 4-7:** Análisis estadístico de Materia Orgánica

ZONA	TIPO	MEDIAS	% MO		
			10 cm	30 cm	60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm	PASTO	Media	4,51	4,15	3,86
		Mediana	4,99	4,84	4,42
		D. Estandar	0,79	1,05	1,06
		Mínimo	3,23	2,45	2,16
		Máximo	5,30	5,16	4,99
	AGRÍCOLA	Media	5,13	4,27	2,99
		Mediana	5,48	3,54	2,93
		D. Estandar	0,69	1,48	0,69
		Mínimo	4,03	2,64	2,05
		Máximo	5,89	6,64	4,00
	BOSQUE	Media	5,84	4,15	3,84
		Mediana	5,76	4,83	4,46
		D. Estandar	0,17	0,86	0,87
		Mínimo	2,53	3,10	3,26
		Máximo	6,11	4,86	4,63
ZONA MEDIA 2073 – 3028 msnm	PASTO	Media	5,95	4,66	4,54
		Mediana	6,93	4,54	4,44
		D. Estandar	2,16	1,14	0,94
		Mínimo	2,53	3,10	3,26
		Máximo	8,40	6,33	5,91
	AGRÍCOLA	Media	2,79	3,17	4,53
		Mediana	1,97	2,67	5,28
		D. Estandar	1,21	0,99	1,11
		Mínimo	1,63	2,10	2,72
		Máximo	4,76	4,75	5,59
	BOSQUE	Media	5,96	4,28	4,09
		Mediana	5,21	4,65	4,10
		D. Estandar	0,46	0,96	0,33
		Mínimo	5,21	2,77	3,61
		Máximo	6,34	5,41	4,55
ZONA BAJA 2700 – 2833 msmm	PASTO	Media	4,65	3,88	3,36
		Mediana	4,70	3,98	3,23
		D. Estandar	0,40	0,17	0,34
		Mínimo	4,07	3,60	2,95
		Máximo	5,19	4,06	3,89
	AG RÍC OLA	Media	4,11	3,62	3,46
		Mediana	3,91	3,61	3,59

		. Estandar	0,45	0,43	0,73
		Mínimo	3,61	3,02	2,36
		Máximo	4,82	4,23	4,42
	BOSQUE	Media	5,12	3,81	3,32
		Mediana	4,11	3,60	3,11
		D. Estandar	2,19	0,86	1,24
		Mínimo	2,66	2,70	1,68
		Máximo	8,59	5,12	5,18

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



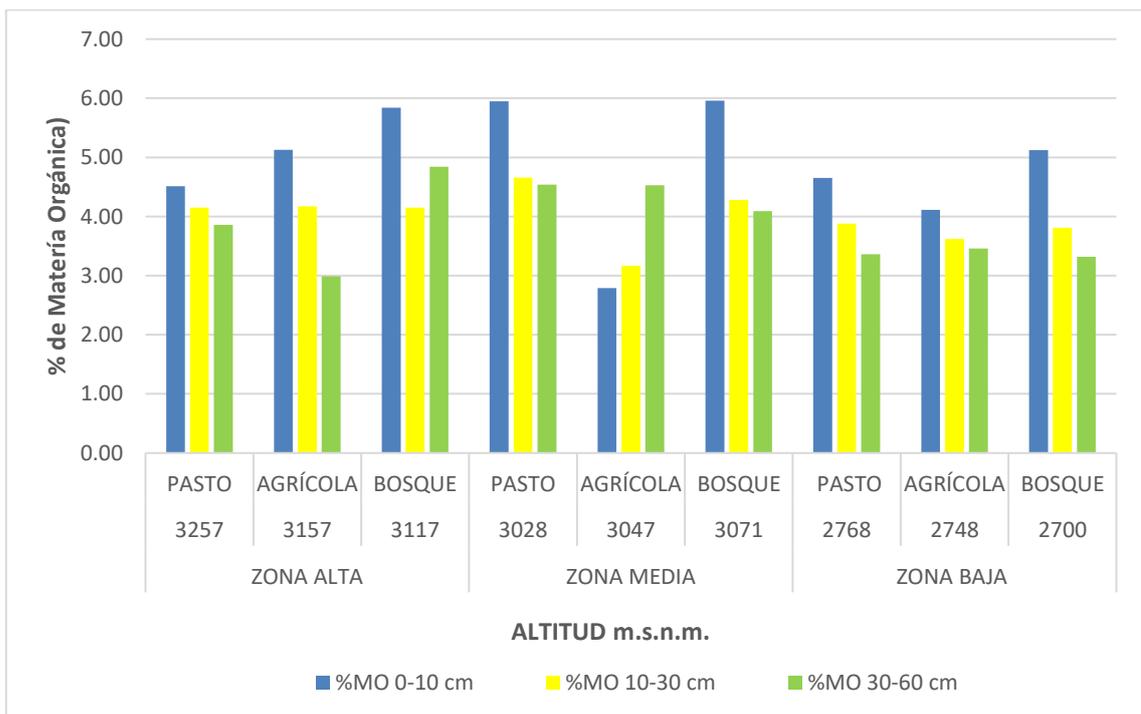
**Ilustración 4-8:** Gráfico de materia orgánica

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

La materia orgánica es una combinación de sustancias orgánicas que contiene fragmentos de biomasa en estado de descomposición, juega un papel importancia en el ciclo de carbono de balance global de carbono, de acuerdo con la FAO (FAO, 2009), la materia orgánica dependerá de la altitud y tipo de suelos en la que se encuentra, mismos que se medirán de acuerdo con los rangos de la (Tabla 4-6), en la zona alta de los tres tipos de suelos que presenta mayor cantidad de MO a 10 cm de profundidad es del bosque con 5,84 % con una desviación estándar de 0,17 mismo que representa el porcentaje de error estándar, a esta profundidad en los tres tipos de suelo la MO se encuentra en mayor porcentaje, a los 30 cm de profundidad los suelos agrícolas presenta mayor

porcentaje de MO con 4,27% y 60 cm los suelos de pasto contiene mayor porcentaje con 3,86 %MO, se observa que el contenido de MO disminuye con cuerdo a la profundidad. En la zona media a los 10 cm de profundidad los suelos de pasto presenta mayor porcentaje como se observa en la (Ilustración 4-9) con 4,66 %MO, a comparación del suelo agrícola con 3,17 %MO y bosque con 4,28 %MO, a los 60 cm el suelo de pasto contiene un porcentaje alto de 4,54 %MO esto se debe por los desechos fecales procedentes de los animales (INCA, 2018), en la (Ilustración 4-3) se observa que en la zona baja la los suelos de bosque son los que contienen mayores porcentajes a los 10 cm de profundidad con 5,12 %MO esto se debe a la dinámica de los ecosistemas boscosos de la zona baja y a los altos porcentajes de humedad (Correa, 2017), a los 30 cm los suelos de pasto presenta mayor contenido con 3,88 %MO a diferencia de los demás suelos en la zona baja no se da el pastoreo por ende es mucho menor la acumulación de materia orgánica en descomposición, a 60 cm los suelos agrícolas presentan mayores porcentajes con 3,46 %MO debido a que ellos realizan prácticas agrícolas, por el arado la MO se acumula a partir de los 50 cm de profundidad (Verhulst et al., 2018).



**Ilustración 4-9:** Representación gráfica del porcentaje de Materia Orgánica mediante barras

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Excel, 2023

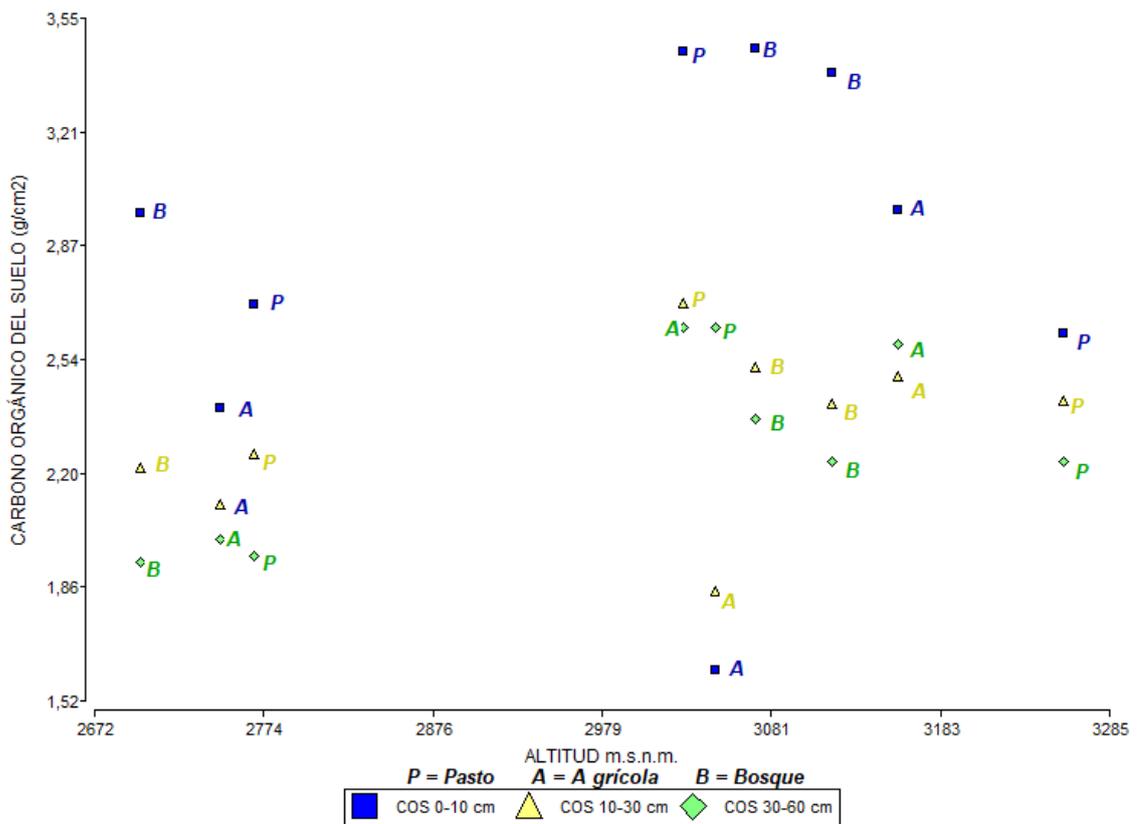
## Carbono orgánico

**Tabla 4-8:** Análisis estadístico de Conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{CM}$ )

ZONA	TIPO	MEDIAS	COS ( $\text{g}/\text{cm}^2$ )		
			10 cm	30 cm	60 cm
ZONA ALTA 2970 – 3257 msnm	PASTO	Media	2,61	2,41	2,23
		Mediana	2,89	2,81	2,56
		D. Estandar	0,46	0,61	0,61
		Mínimo	1,87	1,42	1,25
		Máximo	3,07	2,99	2,89
	AGRÍCOLA	Media	2,98	2,48	2,58
		Mediana	3,18	2,05	2,05
		D. Estandar	0,40	0,86	0,88
		Mínimo	2,34	1,53	1,70
		Máximo	3,42	3,85	4,00
	BOSQUE	Media	3,39	2,40	2,23
		Mediana	3,34	2,80	2,59
		D. Estandar	0,10	0,50	0,50
		Mínimo	1,47	1,80	1,89
		Máximo	3,55	2,82	2,69
ZONA MEDIA 2073 – 3028 msnm	PASTO	Media	3,45	2,70	2,63
		Mediana	4,02	2,63	2,58
		D. Estandar	1,25	0,66	0,55
		Mínimo	1,47	1,80	1,89
		Máximo	4,87	3,67	3,43
	AGRÍCOLA	Media	1,61	1,84	2,63
		Mediana	1,14	1,55	3,07
		D. Estandar	0,71	0,57	0,65
		Mínimo	0,94	1,22	1,58
		Máximo	2,76	2,76	3,24
	BOSQUE	Media	3,46	2,51	2,36
		Mediana	3,02	2,69	2,38
		D. Estandar	0,27	0,59	0,18
		Mínimo	3,02	1,61	2,09
		Máximo	3,68	3,24	2,61
ZONA BAJA 2700 – 2833 msnm	PASTO	Media	2,70	2,25	1,95
		Mediana	2,73	2,31	1,88
		D. Estandar	0,23	0,10	0,20
		Mínimo	2,36	2,09	1,71
		Máximo	3,01	2,36	2,26
	AG RÍC OLA	Media	2,39	2,10	2,00
		Mediana	2,27	2,10	2,08

		. Estandar	0,26	0,25	0,42
		Mínimo	2,10	1,75	1,37
		Máximo	2,80	2,45	2,56
	BOSQUE	Media	2,97	2,21	1,93
		Mediana	2,39	2,09	1,80
		D. Estandar	1,27	0,50	0,72
		Mínimo	1,54	1,57	0,98
		Máximo	4,98	2,97	3,01

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



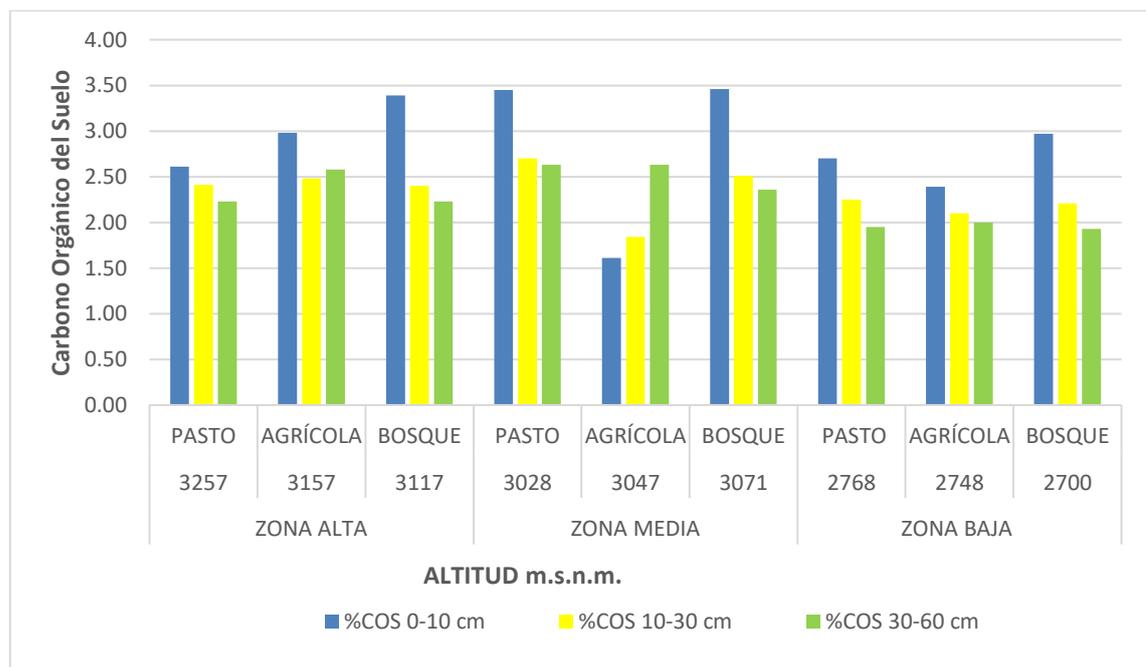
**Ilustración 4-10:** Gráfico de carbono orgánico

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

El Carbono Orgánico del suelo (COS), forma parte de las propiedades del suelo de mayor importancia para medir la calidad edáfica, su porcentaje de presencia en los suelos es directamente proporcional al %MO (Bermeo y Correa, 2020). En la (Tabla 4-8) de la zona alta a una altitud de 3257 m.s.n.m. a 10 cm de profundidad el porcentaje de Carbono Orgánico es mayor en los suelos de bosques con  $3,39 \text{ g. cm}^{-2}$ , a 30 y 60 cm los suelos agrícolas presentan  $2,48 \text{ g. cm}^{-2}$  y  $2,58 \text{ g. cm}^{-2}$ , esto se debe a que las actividades agrícolas en zonas altas no son muy pronunciada y ciertas las zonas agrícolas presentan monocultivos, ( Baldoceca et al., 2021). En la zona media a una altitud de 3028 los suelos de bosque presentan altas cantidades de COS con  $3,46 \text{ g. cm}^{-2}$

significativamente por la gran masa vegetal que abarca el mismo, a 30 cm los suelos de pasto presentan mayor concentración de COS con  $2,70 \text{ g. cm}^{-2}$ , y a 60 cm de profundidad los suelos de pasto y agrícolas son las que presentan altos contenidos de COS con  $2,63 \text{ g. cm}^{-2}$ , como se muestra en la (Ilustración 4-10), esto se debe a que en la mayoría de suelos de pasto y agrícolas que son suelos nuevos mantienen esta cantidad de COS (Barrezueta et al., 2020). Los suelos de la zona bajas a una altitud de 2710 m.s.n.m. a 10 cm de profundidad el suelo de bosque presenta alto contenido de COS con  $2,97 \text{ g. cm}^{-2}$ , 30 cm el suelo pasto con  $2,25 \text{ g. cm}^{-2}$  y a 60 cm con  $2,00 \text{ g. cm}^{-2}$  el suelo agrícola, los suelos de bosque son los que contienen altas cantidades de COS por la gran variedad de ecosistemas vegetal y animal que interactúan en el lugar. De forma general se los suelos agrícolas contienen cantidades altas de carbono orgánico en las zonas bajas con un promedio de  $2,39 \text{ g. cm}^{-2}$  a 10 cm de profundidad a comparación de la zona alta que tiene un promedio de  $1,61 \text{ g. cm}^{-2}$  y de zona alta con  $2,18 \text{ g. cm}^{-2}$  mismas que se especifica en la (Ilustración 4-4), la cantidad de COS también dependerá de la altitud, textura, color y humedad de suelo por ende los suelos agrícolas con mayor contenido de COS son los de zona alta por las características de solo y humedad, como también los suelos de la zona baja por la humedad, altitud (Mata, 2022).



**Ilustración 4-11:** Representación gráfica del Carbono Orgánica del suelo mediante barras

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Excel, 2023

#### 4.1.2 Relación el almacenamiento de carbono orgánico en los tres usos de suelo

Para determinar la relación de carbono orgánico de suelo se considera los siguientes factores: la altitud, el uso de suelo y la profundidad (0 – 10, 10 – 30, 30 – 60 cm).

**Tabla 4-9:** Promedio de Carbono Orgánico de Suelo a tres profundidades.

Carbono Orgánico del Suelo				
ZONA	SUELOS	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm
ZONA ALTA	PASTO	2,61	2,41	2,23
	AGRÍCOLA	2,98	2,48	2,58
	BOSQUE	3,39	2,40	2,23
ZONA MEDIA	PASTO	3,45	2,70	2,63
	AGRÍCOLA	1,61	1,84	2,63
	BOSQUE	3,46	2,51	2,36
ZONA BAJA	PASTO	2,70	2,25	1,95
	AGRÍCOLA	2,39	2,10	2,00
	BOSQUE	2,97	2,21	1,93

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Se considera la altitud como una variable fija mismo que es comparada con los contenidos de COS a diferentes zonas altitudinales y usos de suelo respectivamente en las que se observa que el mayor porcentaje de contenido de COS se encuentra en la zona alta y media con 3,39 y 3,49 (g/m<sup>2</sup>) de acuerdo a la (Tabla 4-9), en los 10 cm de profundidad, los suelos agrícolas de la zona media contienen niveles considerables con 2,48 (g/m<sup>2</sup>) a 30 cm de profundidad, los suelos pastos también se encuentran entre los valores 2,03 a 2,60 (g/m<sup>2</sup>), los mismos valores se encuentran representados en la siguiente imagen.

**Tabla 4-10:** Prueba de normalidad Shapiro Wilks para comparación de análisis estadísticos de Carbono Orgánico del Suelo.

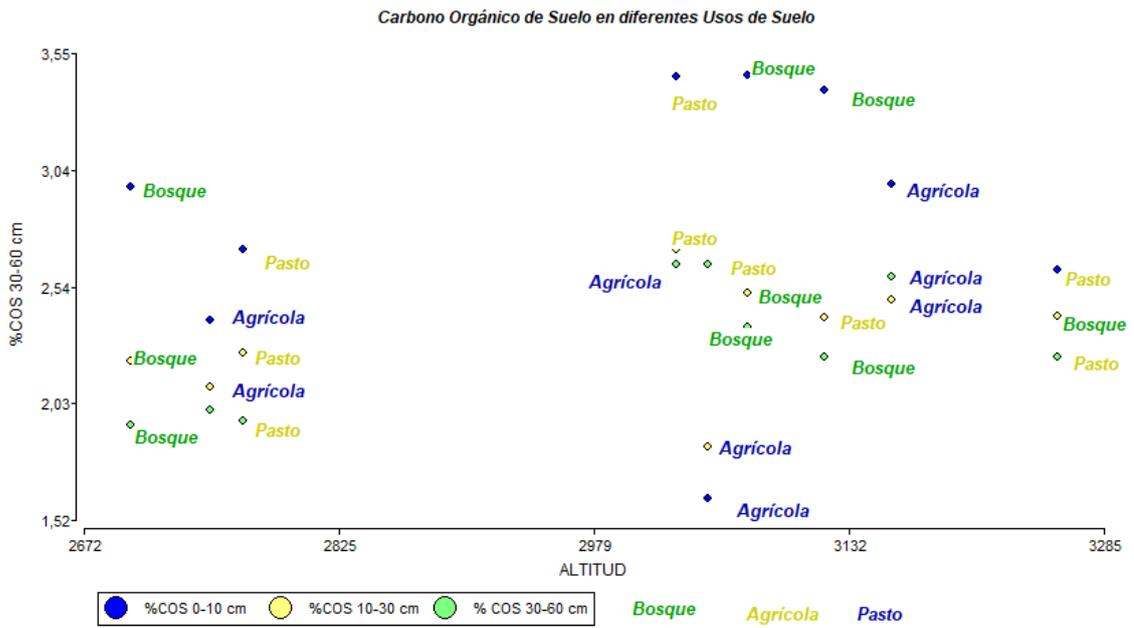
Zona	Suelo	Variable	Profundidad	n	Media	Desviación Estándar	W*	P<0,05
ALTA	Pasto	COS	0-10 cm	3	2,61	0,65	0,86	0,2642
	Pasto	COS	10-30 cm	3	2,41	0,86	0,83	0,2023
	Pasto	COS	30-60 cm	3	2,23	0,87	0,89	0,3632
	Agrícola	COS	0-10 cm	3	2,98	0,57	0,91	0,4170
	Agrícola	COS	10-30 cm	3	2,48	1,22	0,91	0,4195
	Agrícola	COS	30-60 cm	3	2,58	1,24	0,86	0,2711
	Bosque	COS	0-10 cm	3	3,39	0,14	0,91	0,4170

	Bosque	COS	10-30 cm	3	2,40	0,70	0,76	0,4395
	Bosque	COS	30-60 cm	3	2,23	0,71	0,81	0,1311
<b>MEDIA</b>	Pasto	COS	0-10 cm	3	3,45	1,77	0,92	0,4670
	Pasto	COS	10-30 cm	3	2,70	0,94	1,00	0,8865
	Pasto	COS	30-60 cm	3	2,63	0,77	1,00	0,8646
	Agrícola	COS	0-10 cm	3	1,61	1,00	0,83	0,1928
	Agrícola	COS	10-30 cm	3	1,84	0,81	0,90	0,3962
	Agrícola	COS	30-60 cm	3	2,63	0,91	0,83	0,1865
	Bosque	COS	0-10 cm	3	3,46	0,38	0,76	0,0229
	Bosque	COS	10-30 cm	3	2,51	0,83	0,97	0,6477
	Bosque	COS	30-60 cm	3	2,36	0,37	0,92	0,4577
<b>BAJA</b>	Pasto	COS	0-10 cm	3	2,70	0,33	0,99	0,8548
	Pasto	COS	10-30 cm	3	2,25	0,14	0,88	0,3449
	Pasto	COS	30-60 cm	3	1,95	0,28	0,95	0,5831
	Agrícola	COS	0-10 cm	3	2,39	0,37	0,92	0,4465
	Agrícola	COS	10-30 cm	3	2,10	0,35	1,00	0,9999
	Agrícola	COS	30-60 cm	3	2,00	0,60	0,99	0,7862
	Bosque	COS	0-10 cm	3	2,97	0,79	0,92	0,4555
	Bosque	COS	10-30 cm	3	2,21	0,71	0,98	0,7152
	Bosque	COS	30-60 cm	3	1,93	1,02	0,99	0,7576

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Se realiza el análisis estadístico con la prueba de normalidad de Shapiro – Wilks para determinar si es la distribución de los datos calculados es normal, misma que se representa en la (Tabla 4-10), en la que se observa que los resultados no presentan significancia a excepción de la zona baja en el tipo de suelo de bosque a 10 cm de profundidad con una probabilidad de 20%.

Se comprueba la existencia de coeficiente de correlación ( $p < 0,05$ ) de probabilidad, en la que se determinó el grado de correlación con el coeficiente  $r$ , mismo en la que el valor oscila entre -1 a +1, en caso de los valores negativos, significa que existe una relación lineal inversa, un valor positivo una relación lineal directa, en caso de que el valor se acerca a 0 no existe relación entre las variables (Huamán et al., 2021).



**Ilustración 4-12:** Gráfico de carbono orgánico de suelo en diferentes usos de suelo

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-11:** Correlación del COS con la variación de la altitud y profundidad de la zona alta pasto.

Variable dependiente: ZA PASTO % CO 0-10 cm; n=3		
Efecto	Vía	Coefficientes p-valor
ALTITUD	Directa	-0,99
r total		-0,99 0,0901
Variable dependiente: ZA PASTO % CO 10-30 cm; n=3		
Efecto	Vía	Coefficientes p-valor
ALTITUD	Directa	-0,98
r total		-0,98 0,1121
Variable dependiente: ZA PASTO % CO 30-60 cm; n=3		
Efecto	Vía	Coefficientes p-valor
ALTITUD	Directa	-1,00
r total		-1,00 0,0571

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-12:** Correlación del COS con la variación de la altitud y profundidad de la zona alta agrícola.

Variable dependiente: ZA AGRÍCOLA % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD1	Directa	-0,88	
r total		-0,88	0,3146

Variable dependiente: ZA AGRÍCOLA % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD1	Directa	-0,03	
r total		-0,03	0,9826

Variable dependiente: ZA AGRÍCOLA % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD1	Directa	-0,10	
r total		-0,10	0,9358

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-13:** Correlación del COS con la variación de la altitud y profundidad de la zona alta bosque

Variable dependiente: ZA BOSQUE % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,85	
r total		-0,85	0,3520

Variable dependiente: ZA BOSQUE % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,96	
r total		-0,96	0,1699

Variable dependiente: ZA BOSQUE % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,94	
r total		-0,94	0,2237

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

En la (Tabla 4-11) el coeficiente de correlación entre la altitud, profundidad y la cantidad de COS en la zona alta área de pasto tiene gran variabilidad a los 10 cm es 0,09 indicando que no existe relación lineal de las variables, a los 30 cm de profundidad 0,112 indicando que existe relación lineal inversa es decir la concentración de carbono ira variando con acuerdo a la profundidad el COS ( $r^2=0,112$ ), a los 60 cm disminuye la variabilidad  $r^2=0,057$  donde no existe coeficiente de correlación significativa. En los suelos agrícolas (Tabla 4-12) el coeficiente de correlación a 10 cm es de 0,31 indica que si existe cambio de concentración a medida que aumenta la profundidad a los 30 cm el COS ( $r^2 = 0,98$ ), a los 60 cm de profundidad el COS ( $r^2=0,93$ ), donde indica que si existe una relación lineal directa. Para los suelos de bosque el coeficiente de relación que demuestra que según incrementa la altitud y profundidad incrementa el almacenamiento de COS ( $r^2=0,35$ ), a 30 cm es 0,28 relación lineal directa, a medida que aumenta la profundidad disminuye

el contenido de COS ( $r^2=0,169$ ), a 60 cm de profundidad resulta 0,223 indica que existe una relación entre las variables (Tabla 4-13).

**Tabla 4-14:** Coeficiente de correlación de zona media de suelos pastos

Variable dependiente: ZM PASTO % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes p-valor	
ALTITUD	Directa	0,84	
r total		0,84	0,3639

Variable dependiente: ZM PASTO % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes p-valor	
ALTITUD	Directa	0,97	
r total		0,97	0,1438

Variable dependiente: ZM PASTO % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes p-valor	
ALTITUD	Directa	0,97	
r total		0,97	0,1468

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-15:** Coeficiente de correlación de la zona media de suelos agrícolas

Variable dependiente: ZM AGRÍCOLA % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes p-valor	
ALTITUD	Directa	0,17	
r total		0,17	0,8934

Variable dependiente: ZM AGRÍCOLA % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes p-valor	
ALTITUD	Directa	-0,14	
r total		-0,14	0,9122

Variable dependiente: ZM AGRÍCOLA % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes p-valor	
ALTITUD	Directa	-0,88	
r total		-0,88	0,3167

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-16:** Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de bosque

Variable dependiente: ZM BOSQUE % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	0,51	
r total		0,51	0,6582

Variable dependiente: ZM BOSQUE % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,94	
r total		-0,94	0,2152

Variable dependiente: ZM BOSQUE % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coefficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,90	
r total		-0,90	0,2910

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa Infostat, 2023

En la zona media el coeficiente de correlación entre la altitud, profundidad y la cantidad de COS en el suelo de pasto tiene gran variabilidad a los 10 cm es ( $r^2 = 0,39$ ) indicando que existe relación lineal de las variables, a los 30 cm de profundidad ( $r^2 = 0,143$ ) indicando que existe relación lineal inversa es decir la concentración de carbono ira variando el COS con acuerdo a la profundidad, a los 60 cm no representa cambios significativos de variabilidad ( $r^2=0,146$ ) donde no existe coeficiente de correlación significativa entre las variables de profundidad (Tabla 4-14). En los suelos agrícolas el coeficiente de correlación a 10 cm es de 0,89 indica que si existe cambio de concentración a medida que aumenta la profundidad a los 30 cm el COS ( $r^2 = 0,91$ ), a los 60 cm de profundidad el COS ( $r^2=0,31$ ) no presenta valores significantes, donde indica que si existe una relación lineal directa (Tabla 4-15). Para los suelos de bosque el coeficiente de relación que demuestra que según incrementa la altitud y profundidad incrementa el almacenamiento de COS ( $r^2=0,658$ ), a 30 cm es 0,28 relación lineal directa, a medida que aumenta la profundidad disminuye el contenido de COS ( $r^2=0,21$ ), a 60 cm de profundidad resulta 0,29 indica que existe una relación entre las variables (Tabla 4-16).

**Tabla 4-17:** Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de pasto

Variable dependiente: ZB PASTO % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
ALTITUD	Directa	0,89	
r total		0,89	0,2971

Variable dependiente: ZB PASTO % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
ALTITUD	Directa	0,74	
r total		0,74	0,4683

Variable dependiente: ZB PASTO % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
ALTITUD	Directa	0,90	
r total		0,90	0,2822

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-18:** Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de agrícola

Variable dependiente: ZB AGRÍCOLA % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
ALTITUD1	Directa	1,00	
r total		1,00	0,0078

Variable dependiente: ZB AGRÍCOLA % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
ALTITUD1	Directa	0,72	
r total		0,72	0,4907

Variable dependiente: ZB AGRÍCOLA % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Vía	Coeficientes	p-valor
ALTITUD1	Directa	0,64	
r total		0,64	0,5615

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

**Tabla 4-19:** Coeficiente de correlación de la zona baja de suelos de bosque

Variable dependiente: ZB BOSQUE % CO 0-10 cm; n=3			
Efecto	Via	Coeficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,60	
r total		-0,60	0,5936

Variable dependiente: ZB BOSQUE % CO 10-30 cm; n=3			
Efecto	Via	Coeficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,48	
r total		-0,48	0,6807

Variable dependiente: ZB BOSQUE % CO 30-60 cm; n=3			
Efecto	Via	Coeficientes	p-valor
ALTITUD2	Directa	-0,45	
r total		-0,45	0,7042

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa Infostat, 2023

En la zona baja el coeficiente de correlación entre la altitud, profundidad y la cantidad de COS en pasto a 10 cm es ( $r^2 = 0,29$ ) que indica la existencia de relación lineal de las variables, a los 30 cm de profundidad ( $r^2 = 0,468$ ) indicando que existe relación lineal inversa es decir la concentración de carbono ira variando con acuerdo a la profundidad el COS, por ende, a los 60 cm disminuye la concentración ( $r^2=0,28$ ) donde el coeficiente de correlación significativa entre las variables de profundidad tiende a menorar (Tabla 4-17). En los suelos agrícolas el coeficiente de correlación a 10 cm es de 0,0078 indica que si existe relación entre las variables significativas de cambio de concentración a medida que aumenta la profundidad, a los 30 cm el COS ( $r^2 = 0,49$ ) indica una relación lineal, a los 60 cm de profundidad el COS ( $r^2=0,56$ ) presentan valores significativos debido a que aumentan con acuerdo a la profundidad, donde indica que si existe una relación lineal directa (Tabla 4-18). Para los suelos de bosque el coeficiente de relación demuestra que según incrementa la altitud y profundidad incrementa el almacenamiento de COS ( $r^2=0,593$ ) en los 10 cm, a 30 cm es ( $r^2 = 0,680$ ) relación lineal directa, a medida que aumenta la profundidad aumenta el contenido de COS ( $r^2=0,709$ ) a 60 cm de profundidad que indica que existe una relación significativa de cambio entre las variables (Tabla 4-19).

#### **4.1.3 Análisis multitemporal de cambio de uso de suelo**

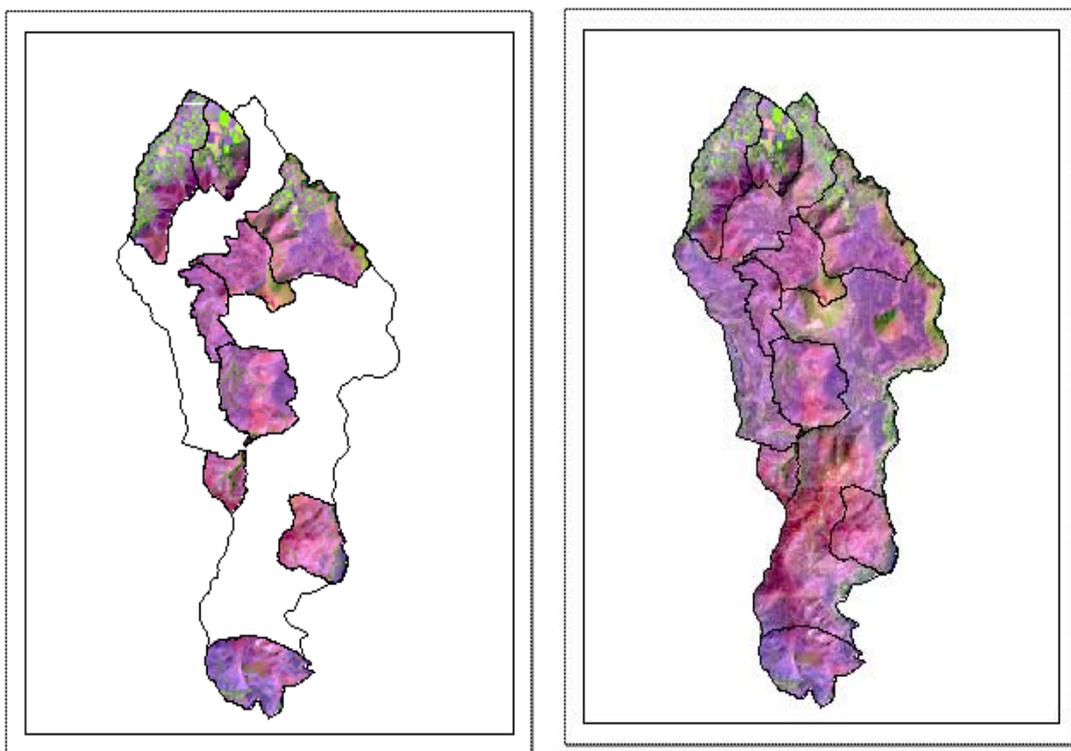
##### **4.1.3.1 Procesamiento digital de imágenes**

Se aplicaron diferentes herramientas de mejora a cada imagen para ayudar a definir la cobertura y el uso del suelo en el área de estudio. Para realizar este procedimiento se eligió la combinación (TM False Natural Color), que corresponde a la combinación 543 para los satélites Landsat 5 y 7,

que se realizó para las imágenes de los años de 1990-2000 y 2000-2010 y para el satélite Landsat 8 se realizó la combinación 654 en la imagen de año 2010-2020, adecuada para analizar la cobertura de interés.

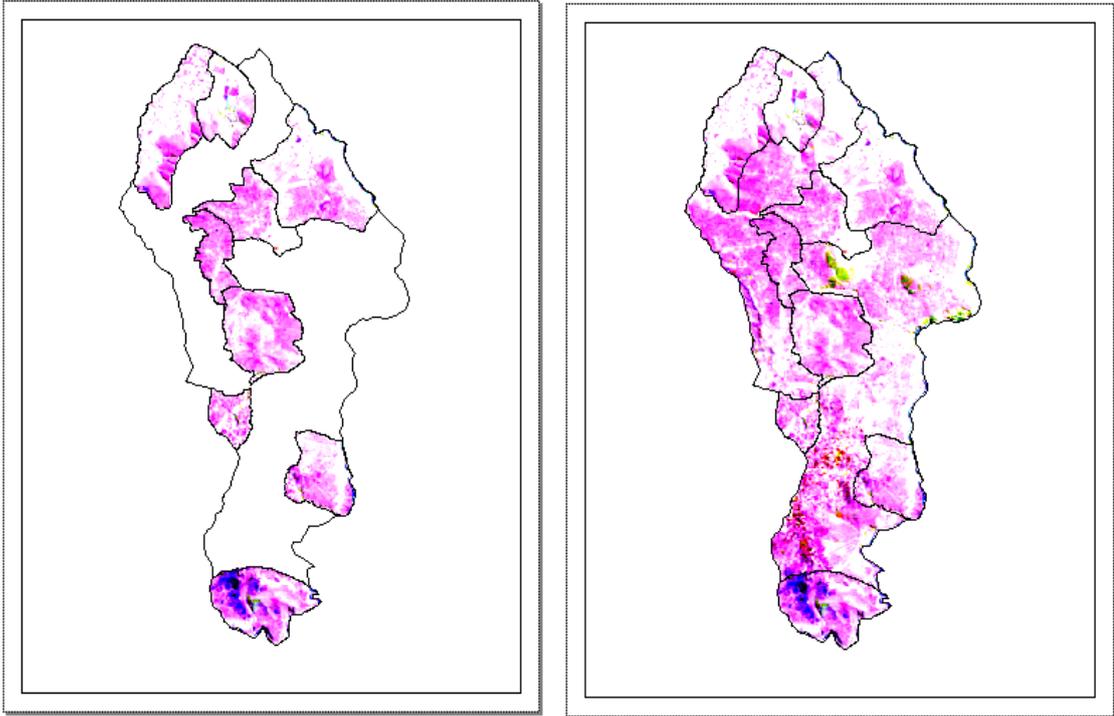
#### 4.1.3.2 Corte de zona de interés.

Para para cada imagen se extrajo la zona de interés, tomando como referencia un archivo shape file actualizado al año 2023 de la parroquia Licto, este se presenta como un archivo Layer que permite extraer el área de interés, que facilita las tareas de edición y permite una mejor distribución en el visor del software utilizado ArcGIS, evitando confusiones a la hora de proceder con la clasificación supervisada.



**Ilustración 4-13:** Corte de la zona de interés del año 1990-2000 “Invierno”

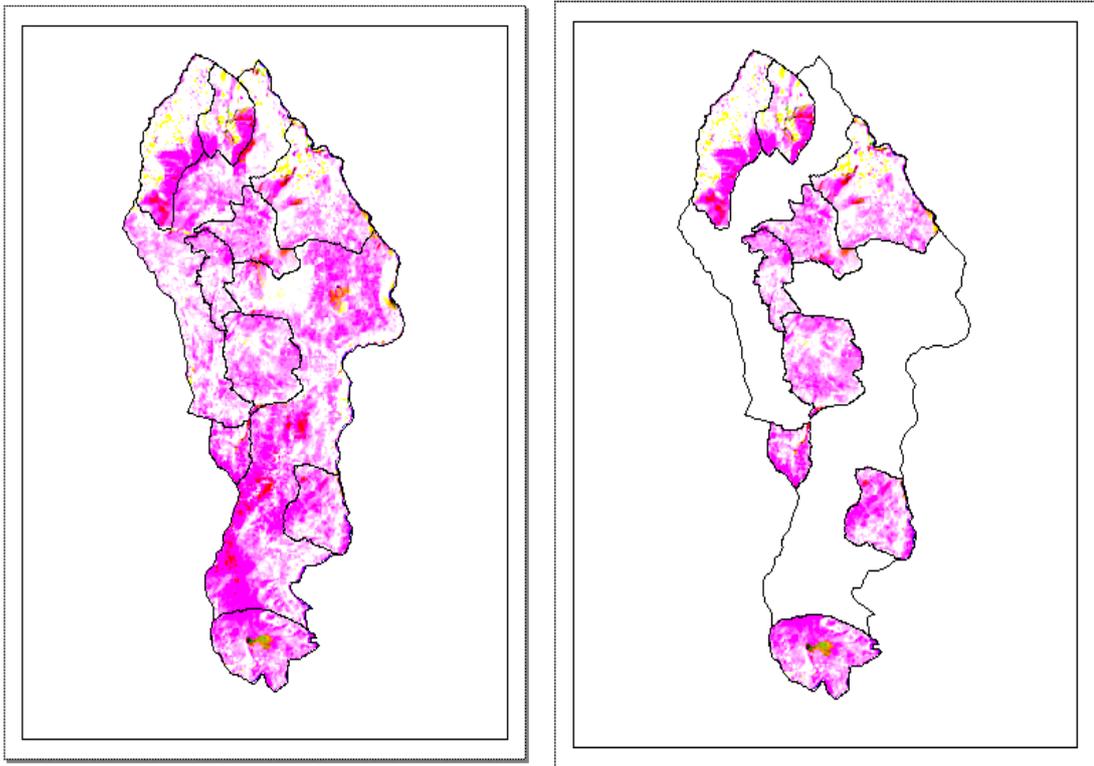
**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023



**Ilustración 4-14:** Corte de la zona de interés del año 1990-2000 “Verano”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

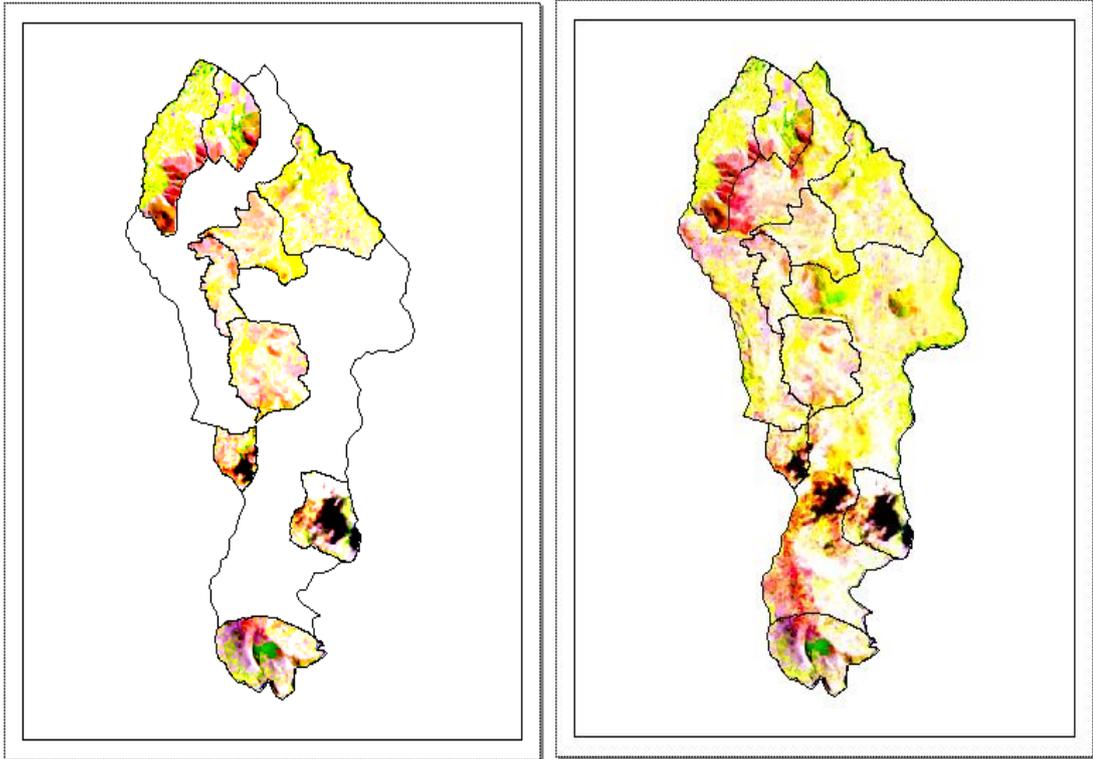
**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023



**Ilustración 4-15:** Corte de la zona de interés del año 2000-2010 “Invierno”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

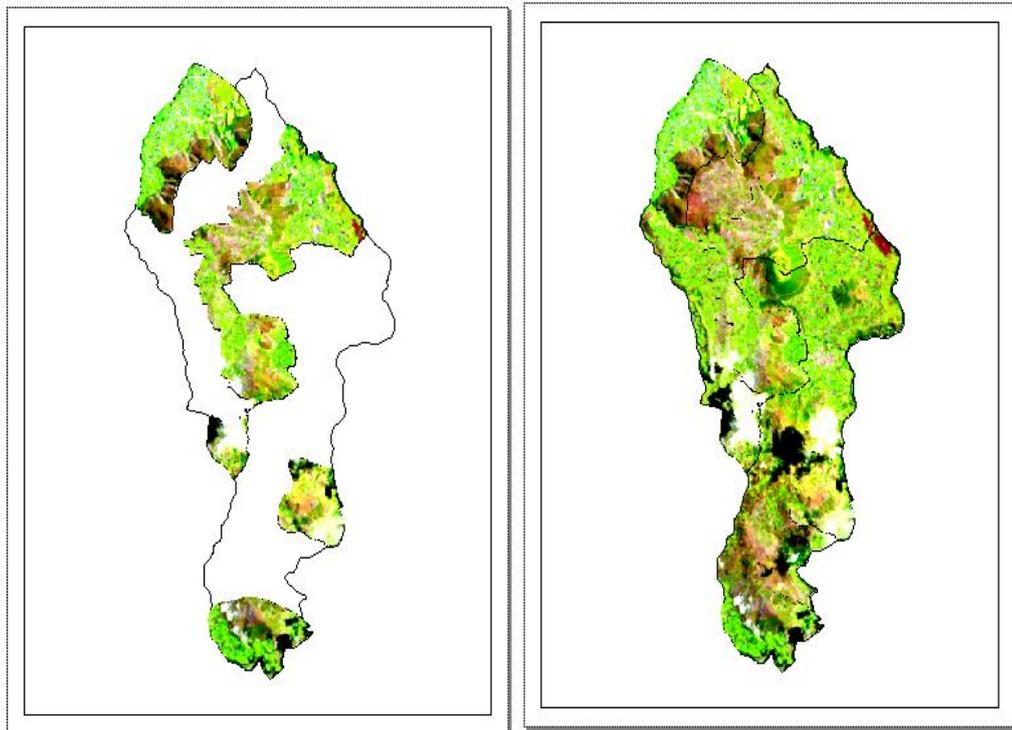
**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023



**Ilustración 4-16:** Corte de la zona de interés del año 2000-2010 “Verano”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

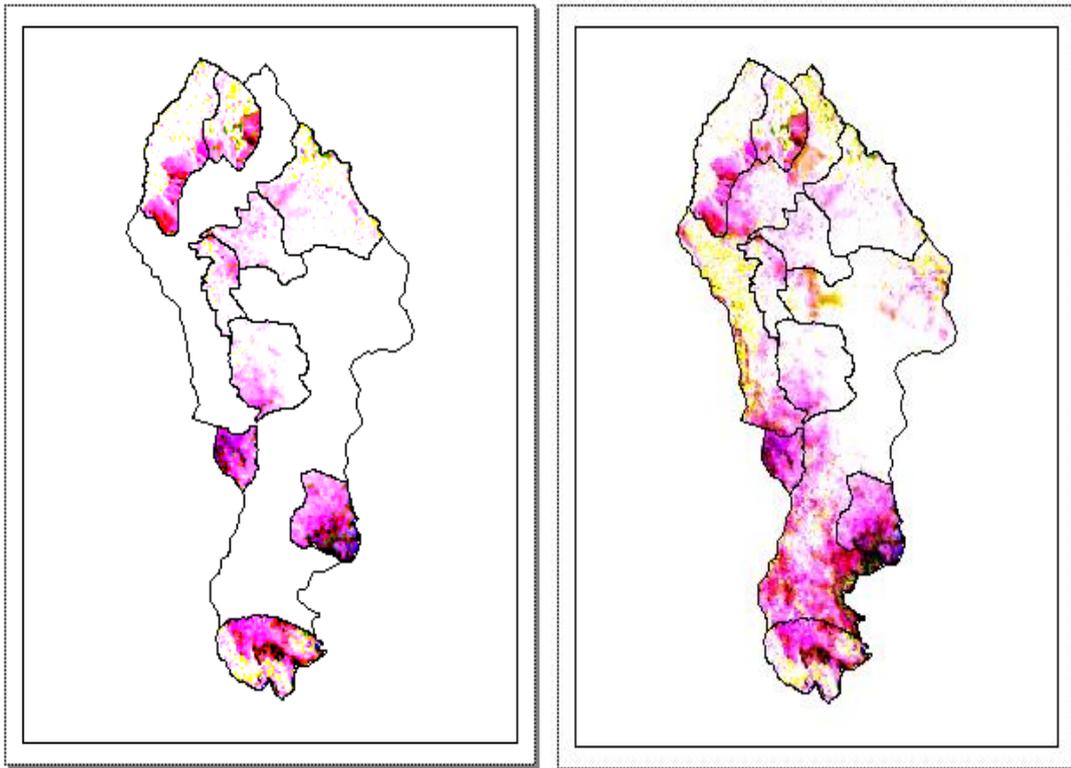
**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023



**Ilustración 4-17:** Corte de la zona de interés del año 2010-2020 “Invierno”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023



**Ilustración 4-18:** Corte de la zona de interés del año 2010-2020 “Verano”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023

#### 4.1.3.3 *Clasificación supervisada*

Para realizar una clasificación supervisada que garantice la calidad de los datos obtenidos, es necesario tener un conocimiento previo de la zona de estudio, para este caso se realizaron visitas previas en cada una de las zonas de estudio (alta, media, baja) de 9 comunidades de la parroquia Licto, además para la imagen de 2010-2020 se contó con el apoyo de la herramienta de ArcGIS debido a que este permite identificar de manera precisa lugares y objetos, mientras que para la imagen de 1990-2000 y 2000-2010 se hizo necesario realizar la recolección de información secundaria que permitiera tener conocimiento de las dinámicas de uso del suelo que se estaban dando en ese momento.

Para la selección de las áreas de entrenamiento se ubicaron diferentes puntos en la zona que fueran representativos para cada categoría, en función de la similitud de los niveles de reflectancia, en el mapa del 2023 se contó con la herramienta de ArcGIS, para apoyar e identificar de manera más precisa las diferentes áreas, además de las zonas de muestreo en el área de estudio, para las imágenes anteriores fue necesario obtener información consignada en revisiones bibliográficas de uso de suelo en esos momentos

Para cada área de entrenamiento seleccionada, se realizó un análisis en función de las áreas seleccionadas y el grado de correlación entre las coberturas del suelo, con base en estos resultados se agrupó o redefinió el tipo de cobertura para la ejecución final del algoritmo de clasificación supervisada, dando como resultado un Imagen donde cada píxel fue agrupado por tipo de uso de acuerdo con la elección de las áreas de estudio.

Para la etapa final de clasificación supervisada se seleccionó un algoritmo de máxima verosimilitud que demostró un resultado satisfactorio en la similitud obtenida entre las imágenes analizadas, este producto fue creado luego de un proceso de prueba y error, que finalmente se reflejó en la consistencia que se mantiene en la cobertura. Dentro de una imagen.

#### *4.1.3.4 Análisis multitemporal*

Para determinar los cambios de uso de suelo en la Parroquia Licto en las 9 comunidades seleccionadas, se capturaron y procesaron digitalmente 6 imágenes obtenidas del USGS; luego se realizaron evaluaciones de cambio de uso del suelo de cada imagen utilizando el software ArcGis, un módulo de álgebra de mapas que permitía la superposición de imágenes, el resultado fue una imagen rasterizada que muestra varios cambios en el uso del suelo; Cada combinación de imágenes se analiza a continuación:

#### **Cambio de uso de suelo periodo 1990 – 2000, 2000-2010 y 2010-2020 de “Invierno”**

La información derivada del análisis multitemporal, donde se utilizaron imágenes Landsat 5 y Landsat 7 en un periodo de 30 años, permitió obtener un estimado del cambio de uso de suelo en un intervalo de tiempo. De acuerdo con información previamente obtenida, la parroquia se ha visto alterada por la agricultura y ganadería, situación que genera un nivel de transformación en los ecosistemas; los datos obtenidos para el periodo de 30 años reflejan cambios en el uso del suelo, que se atribuyen en gran medida a las actividades de origen antrópico que deterioran de manera sustancial las áreas. Para el análisis se determinaron cuatro clases las cuales son: Clase I Bosque, Clase II Pasto, Clase III Agrícola y Clase IV Suelo erosionado, las cuales fueron denotadas según las zonas de estudio que se realizó y las características que tiene cada uno.

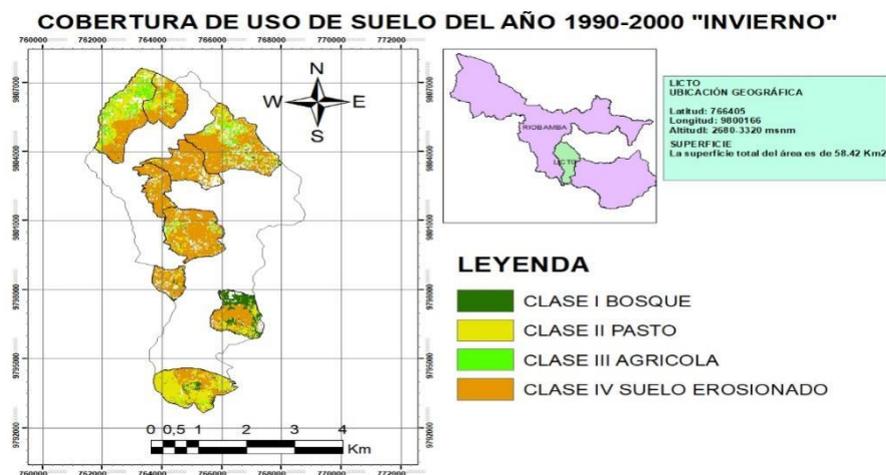
Como resultado del análisis multitemporal del periodo de invierno de las imágenes de 1990-2000, 2000-2010 y 2010-2020, se registrará en la Clase I Bosque un área más extensa en el año 1990-2000 con una hectárea de 765,63, a comparación de los años anteriores 2000-2010 donde presenta un área de 631,35 hectáreas y en los años 2010-2020 que presenta una área 464,04 hectáreas,

teniendo así que en los años 1990-2000 presenta la zona con más bosque, en el caso de la Clase II Pasto se presenta una área en disminución desde el año 1990 hasta el año 2020 en los cual se denota que en el año 1990-2000 presenta un área de 633,96 hectáreas a diferencia del año 2010-2020 que presenta un área de 63,09 hectáreas, teniendo así una diferencia de 570,87 hectáreas, teniendo así que el periodo donde se presenta más pasto es en el año de 1990-2000, en la Clase III Agrícola se nota un incremento desde los años 1990-2000 que tienen un área de 248,31 hectáreas a comparación del año 2010-2020 que tiene un área de 371,34 hectáreas, teniendo así un incremento de área de 678,51 hectáreas esto es debido a que la parroquia de Licto se ha visto involucrada en una de las parroquias que presenta un alto número de producción agrícola, y para la Clase IV Suelos erosionados podemos denotar que en los años 1990-2000 presenta un área de 1044,18 hectáreas, en los años 2000-2010 presenta un área de 758,43 hectáreas y en los años 2010-2020 presenta una área de 660,24 hectáreas, donde se puede ver que en el año 1990-2000 presenta más suelo erosionado.

**Tabla 4-20:** Área de cobertura de uso de suelo "invierno"

ÁREA DE COBERTURA DE USO DE SUELO "INVIERNO"							
Clase de suelo	No de clases	1990-2000		2000-2010		2010-2020	
		No de pixeles	Área (ha)	No de pixeles	Área (ha)	No de pixeles	Área (ha)
Clase I Bosque	1	8507	765,63	7015	631,35	5156	464,04
Clase II Pasto	2	7044	633,96	6867	618,03	701	63,09
Clase III Agrícola	3	2759	248,31	4126	371,34	7539	678,51
Clase IV Suelo erosionado	4	11602	1044,18	8427	758,43	7336	660,24

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

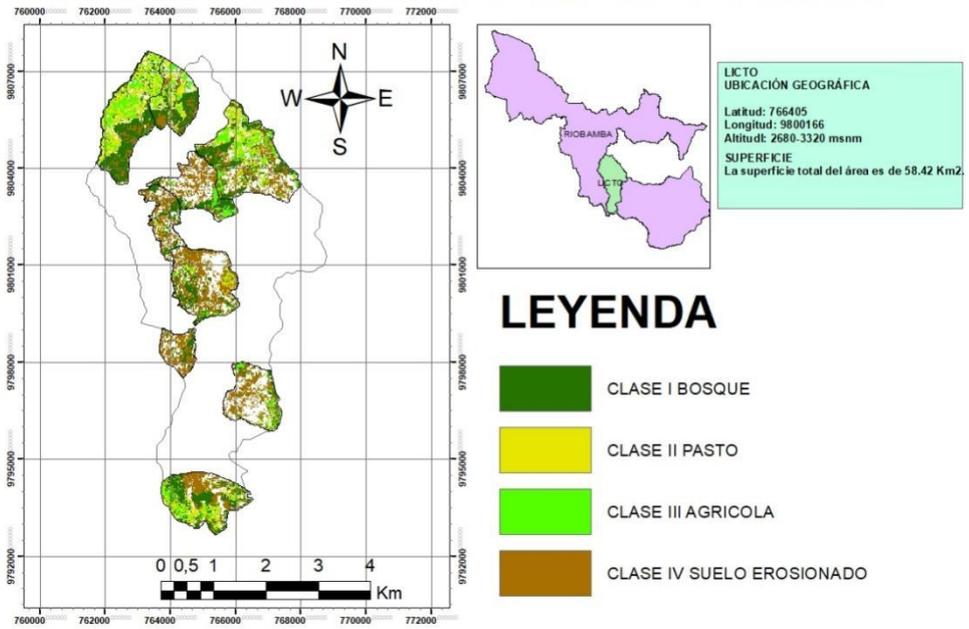


**Ilustración 4-19:** Cobertura de uso de suelo del año 1990-2000 "Invierno"

Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023

Fuente: Uso del programa ArGis, 2023

### COBERTURA DE USO DE SUELO DEL AÑO 2000-2010 "INVIERNO"

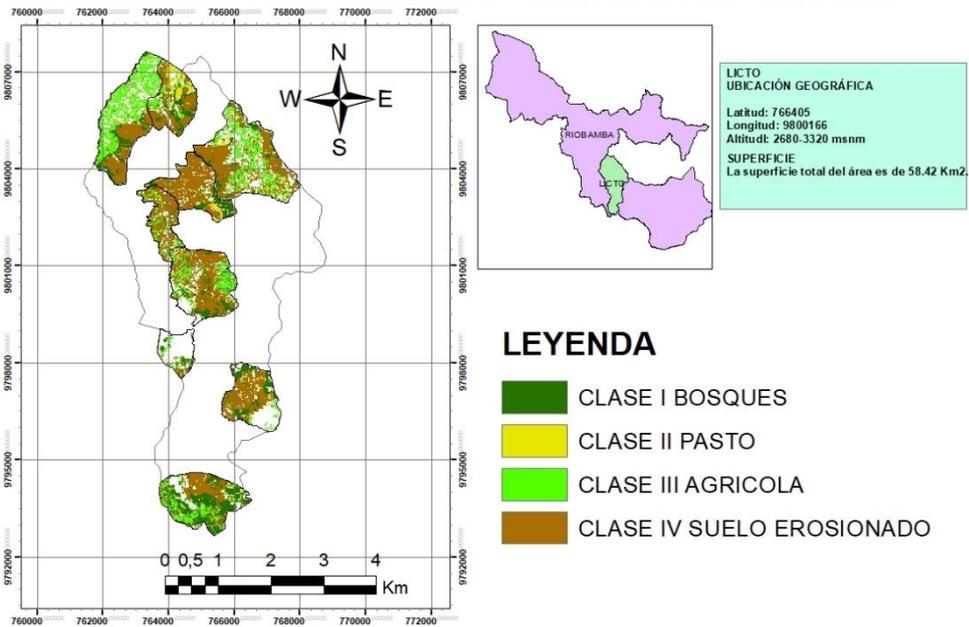


**Ilustración 4-20:** Cobertura de uso de suelo del año 2000-2010 “Invierno”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023

### COBERTURA DE USO DE SUELO DEL AÑO 2010-2020 "INVIERNO"



**Ilustración 4-21:** Cobertura de uso de suelo del año 2010-2020 “Invierno”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023

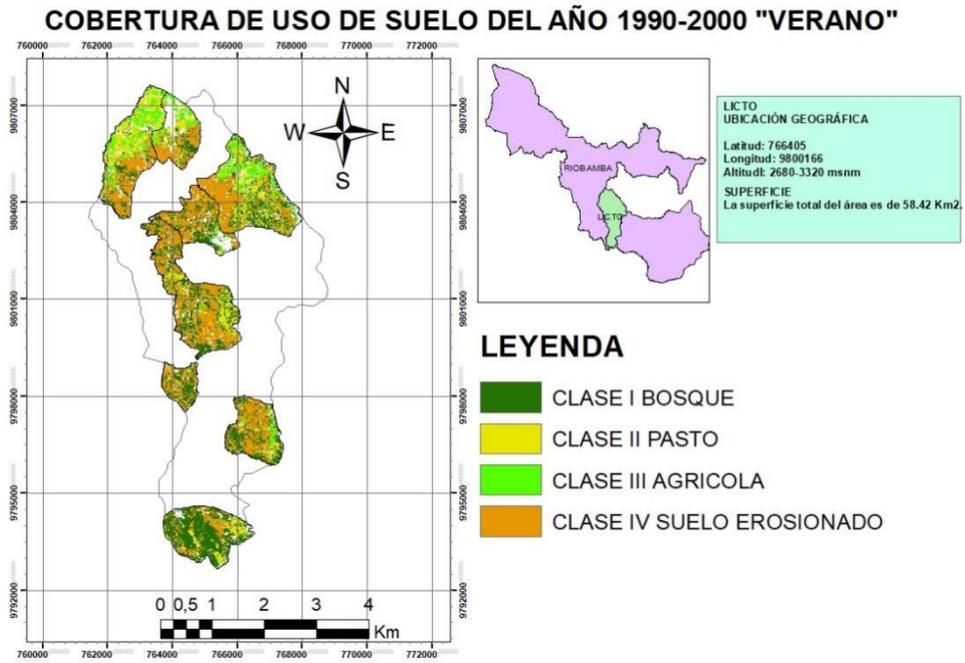
### **Cambio de uso de suelo periodo 1990 – 2000, 2000-2010 y 2010-2020 de “Verano”**

Como resultado del análisis multitemporal del periodo de verano de las imágenes de 1990-2000, 2000-2010 y 2010-2020, se registrará en la Clase I Bosque un área más extensa en el año 2010-2020 con una hectárea de 391,23, a comparación de los años anteriores donde en el año de 2000-2010 presenta un área de 121,14 hectáreas y en los años 1990-2000 que presenta una disminución de nuevo de una área 177,75 hectáreas, en el caso de la Clase II Pasto se presenta una área más extensa en los años de 2000-2010 en el cual se denota un aumento extenso de un área de 320,67 hectáreas a diferencia del año 2010-2020 que presenta una disminución total de una área de 20,52 hectáreas y en el año de 1990-2000 tiene una área de 341,19 hectáreas teniendo así una diferencia entre los tres años, en la Clase III Agrícola se nota un incremento desde los años 1990-2000 que teniendo así un área de 147,51 hectáreas, aumentando así con los años posteriores hasta tener en los años 2000-2010 una área de 290,88 hectáreas u en el año 2010-2020 se presenta una área de 517,41 hectáreas, y para la Clase IV Suelos erosionados podemos denotar que en los años 1990-2000 presenta un área de 1451,79 hectáreas, en los años 2000-2010 presenta un área de 1358,82 hectáreas y en los años 2010-2020 presenta una área de 1144,17 hectáreas, denotando así que en los años 2000-2010 presenta el año donde más suelo erosionado se dio.

**Tabla 4-21:** Área de cobertura de uso de suelo "invierno"

<b>ÁREA DE COBERTURA DE USO DE SUELO "VERANO"</b>							
<b>Clase de suelo</b>	<b>No de clases</b>	<b>1990-2000</b>		<b>2000-2010</b>		<b>2010-2020</b>	
		<b>No de pixeles</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>No de pixeles</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>No de pixeles</b>	<b>Área (ha)</b>
<b>Clase I Bosque</b>	1	1975	177,75	1346	121,14	4347	391,23
<b>Clase II Pasto</b>	2	3791	341,19	3858	347,22	228	20,52
<b>Clase III Agrícola</b>	3	1639	147,51	3232	290,88	5749	517,41
<b>Clase IV Suelo erosionado</b>	4	16131	1451,79	15098	1358,82	12713	1144,17

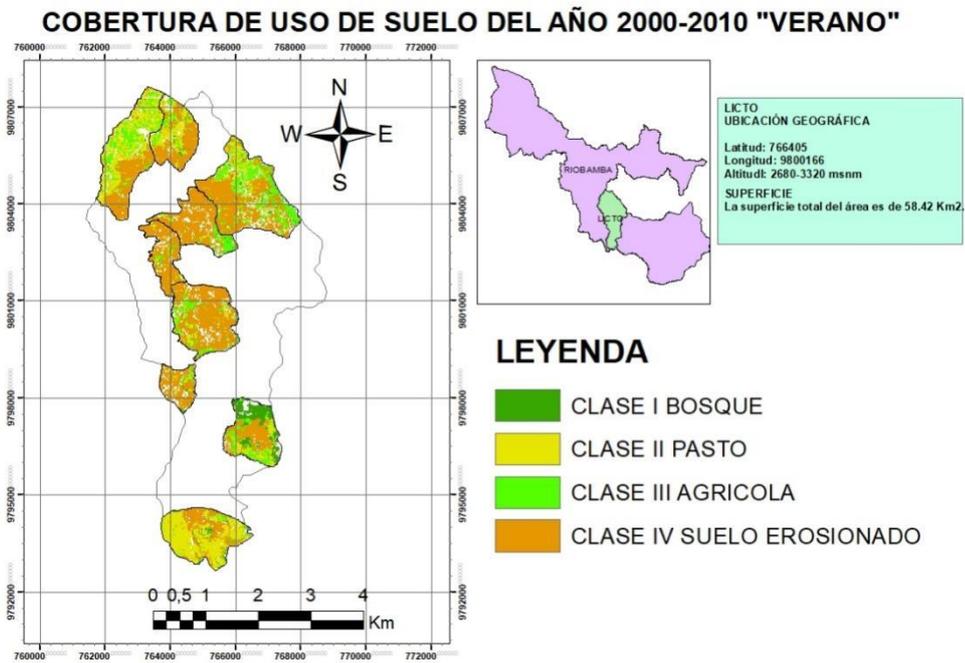
Realizado por: Guallo M., Ortega K., 2023



**Ilustración 4-22:** Cobertura de uso de suelo del año 1990-2000 “Verano”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

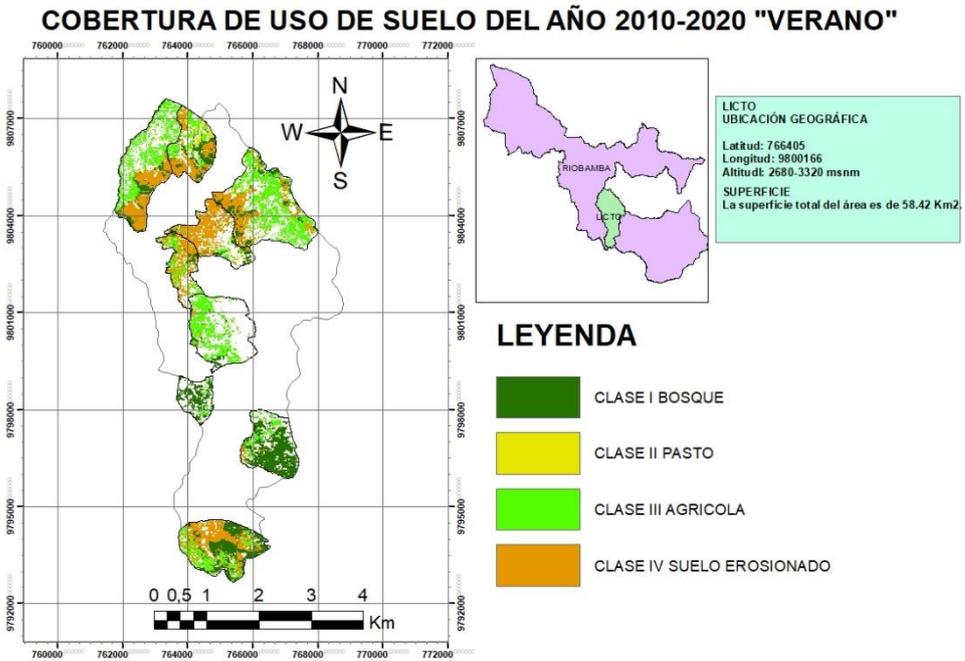
**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023



**Ilustración 4-23:** Cobertura de uso de suelo del año 2000-2010 “Verano”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023



**Ilustración 4-24:** Cobertura de uso de suelo del año 2010-2020 “Verano”

**Realizado por:** Guallo M., Ortega K., 2023

**Fuente:** Uso del programa ArGis, 2023

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- Se caracterizó los usos de suelos de las tres zonas de la parroquia, donde las variables indican la calidad del suelo y capacidad de almacenamiento de carbono, los altos valores de conductividad eléctrica afectan a la textura del suelo por las diferentes actividades agrícolas que se realiza en la parroquia, presentándose arenosos en suelos de bosques por el incremento de la población y la necesidad de expandirse, el pH no presenta significancia estando en valores muy aceptables manteniendo el rango de 5 a 7, el %MO se relaciona con el color donde en la zona baja al tener actividades desde varios años tiende a desgastar el suelo.
- Se relacionó el almacenamiento de COS en los tres usos de suelo, presentando significancia, con la prueba de Shapiro donde en los suelos de bosques hay mayores concentraciones de COS, a diferencia de pasto y agrícola, por las actividades de labranza que se practican en el sector o la zona baja.
- Se evalúa los cambios de uso de suelo y análisis multitemporal en las diferentes estaciones del año invierno y verano, determinado un aumentando en el periodo del 2000-2020 la clase II agrícola tuvo un incremento de la población siendo esta una de las principales actividades que se realiza en la parroquia Licto, disminuyendo así la clase III de pasto y clase I de bosque, evaluando que la temporada de verano será la que presente más alteración en las diferentes clases, considerando que aún existe una gran masa de suelo erosionado.
- Se analizó que las diferentes actividades agropecuarias y el incremento de la población han desgastado los suelos de la parroquia Licto, dando así que la zona baja a sido una de las más afectadas por el hecho de ser una zona donde los habitantes residían desde varios años y su principal actividad era la agricultura.

#### 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar trabajos de investigación para mejorar las características fisicoquímicas en los suelos agrícolas, pastos y bosques de este sector con el fin de mejorar la calidad de vida de la población de Licto y potencializar la actividad agrícola de forma ecológica con el cuidado del recurso suelo.
- Con respecto a esta investigación y a los resultados obtenidos es recomendable realizar

planes de manejo de suelos agrícolas y pastizales, como también el monitoreo constante de los suelos de bosque con reportes de calidad y mantenimiento de estos, con esta información se podrá identificar el problema de tala de bosques e incendios forestales de los sectores afectados, permitiendo obtener información relevante para actuar conforme al problema con el plan de manejo ambiental.

- Se recomienda evaluar los usos de suelos mediante análisis multitemporal, para analizar información de periodos anteriores, mismos que serán útiles con los porcentajes de aumento o disminución de áreas de vegetación, para controlar la sustentabilidad de los suelos del sector Licto.

## BIBLIOGRAFÍA

**AGRINOVA SCIENCE.** Informe-Determinación de Carbono Orgánico en Una Muestra de Suelo. *AGRI*. [En línea] 2020. <https://www.agri-novaec.com/>.

**ALARCÓN, Isabel.** En el hielo del Chimborazo se observa el cambio climático. *EL COMERCIO*. 20 de Septiembre de 2019, págs. <https://www.elcomercio.com/tendencias/ambiente/hielo-chimborazo-observa-cambio-climatico.html>.

**ANDRADE, Fernando.** *Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo*. [En línea] 22 de Octubre de 2019. <https://www.undp.org/es/ecuador/blog/ecuador-y-su-ambici%C3%B3n-por-combatir-el-cambio-clim%C3%A1tico>.

**ANDRADE, Pamela; et al.** Análisis Multitemporal de los cambios de la vegetación, en la Reserva de Producción de Fauna Chimborazo como consecuencia del cambio climático. 2018, págs. 125-137.

**ANDREA; et al.** *Influencia de la cobertura vegetal en las características hidrológicas del Río Pindo*. No. 4, P. 13-26, Contraloría General del Estado, Pastaza, Ecuador : CíH INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL, 2022, Vol. Vol.XLIII. ISBN.

**AZARI, Majid; et al.** Multi-temporal analysis of past and future land cover change in the highly urbanized state of Selangor, Malaysia. 2022, págs. 11,2.

**BALDOCEDA, Ángela; et al.** Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. 2021, Vol. 20, 2.

**BARRALES, Edgar; et al.** Carbono orgánico del suelo a diferentes profundidades en una secuencia de. 2022, págs. 40, 1-17.

**BARREZUETA, Salomón; et al.** Secuestro de carbono orgánico del suelo en pastizales de la provincia El Oro, Ecuador. 2020, págs. Ciencia Unemi, vol. 13, núm. 32, pp. 14-26.

**BELCHI, Antoni.** VOA CIENCIA Y SALUD. *VOA CIENCIA Y SALUD*. [En línea] 14 de Octubre de 2021. <https://www.vozdeamerica.com/a/sudamerica-region-cambio-climatico-peor-llegar/6269174.html#:~:text=El%20cambio%20clim%C3%A1tico%20en%20n%C3%BAmeros,1981%2D2020%2C%20respectivamente%E2%80%9D>.

**BERMEO, Catherine & CORREA, Monserrath.** Determinación de carbono orgánico en el suelo andino de Ichubamba y Guargualla, parroquia Cebadas. 2020, págs. 20-21. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13957/1/156T0011.pdf>.

**BURBANO, Hernán.** El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. 2018, págs. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-01352018000100082](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-01352018000100082).

**BURBANO, Orjuela.** El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. 2018, págs. 35(1), 82-96.

**BUSTAMANTE, Diana.** *Escenario de cambio climático a nivel de subcuencas hidrográficas para el año 2050 de la provincia de Chimborazo- Ecuador*. 2017, págs. Revista de Ciencias de la Vida, vol. 26, núm. 2, pp. 15-27. <https://www.redalyc.org/journal/4760/476052525002/html/>.

**CAMACHO, Jesús.** Evaluación de textura del suelo con espectroscopía de infrarrojo cercano en un oxisol de Colombia. 2017, Vol. 1, 5-18.

**CAMARGO, Cristopher; et al.** Evaluación multitemporal de procesos de erosión en ladera mediante el uso de SIG y sensores remotos en la micro-cuenca torrencial ‘La Machirí’, estado Táchira-Venezuela. 2014, págs. Vol. 55(1), 85-99. <https://www.redalyc.org/pdf/3477/347732465006.pdf>.

**CARVAJAL, Roberto.** *PROPIEDADES FÍSICAS QUÍMICAS y BIOLÓGICAS DE LOS SUELOS*. Bogotá : CONVENIO FENALCE - SENA - SAC, 1997. págs. 9 -17.

**CIANCAGLINI, Nicolás.** *R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. San Juan : INTA EEA, 2023. [http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20\\_R001\\_Gu%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_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf).

**CORRAL, Orozco.** Propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo con biofertilización cultivado con manzano. *Terra Latinoam* , 2016, Vol. 34, 4.

**CORREA.** Semestres Económicos, págs. , vol. 12, núm. 23, pp. 13-34.

**CORREA, Vela.** Niveles de carbono orgánico total en el Suelo de Conservación del Distrito Federal, centro de México. 2011.

**CHUQUÍN, Cristian & Gavilanes, Irene del Carmen.** Técnicas de Análisis de Laboratorio para Caracterización de Suelos, Residuos Orgánicos, Compost y Alimentos. 2023.

**CRUZ, Gerardo; et al.** Indicadores de calidad de suelos en bosques templados de la Reserva de la Biosfera los Volcanes, México. 2021, Vol. 38, 4.

**DILAS, J. & HUAMÁN A.** Aptura de carbono por un bosque montano de neblina del Perú . 2020, Vol. 1, 3.

**EEA.** El suelo, la tierra y el cambio climático. 2019, págs. <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2019/articulos/el-suelo-la-tierra-y>.

**esRI.** ArcGis Resource. *Introducción a ArcGIS*. [En línea] 1999. <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n00000014000000.htm>.

**FAO.** *GUÍA PARA LA DESCRIPCIÓN DE SUELOS*. Viale delle Terme di Caralla : SWALIM, 2009. ISSN : 00153.

**FOSTER, Michael; et al.** Restauración y Conservación de Pastizales Altoandinos. 2020.

**GAMAEIRO , Samuel; et al.** Análisis espacial multitemporal de los cambios en el uso y la cobertura del suelo en la subcuenca hidrográfica del Bajo Jaguaribe, Ceará, noreste de Brasil. 2022, págs. 1-11.

**GASTEIZ, Victoria.** Evaluación del carbono respirado por los suelos en eucaliptales de Cantabria. 2013, págs. <https://www.congresoforestal.es/actas/doc/6CFE/6CFE01-020.pdf> pg. 11.

**GOMEZ , Alverto; et al.** Predicción espacial de carbono orgánico edáfico superficial en zonas forestales mediante análisis digital de terreno y sig: uso de la radiación solar potencial. 2003, págs. vol. 5, núm. 2, pp. 49-56. <https://www.redalyc.org/pdf/497/49750208.pdf>.

**GUERRA, Eloisa; et al.** Indicadores de calidad de suelos en bosques templados de la Reserva de la Biosfera los Volcanes, México. 2021.

**GUEVARA, Isabel & COELLO, Patricio.** PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA LICTO. 2019, págs. 1-273.

**HERNÁNDEZ, Joyce; et al.** Captura de carbono en los suelos. 2019, pág. 45\_47. <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n2/e4.html>.

**HUAMÁN, Mary; et al.** Influencia de la altitud y características del suelo en la capacidad de almacenamiento de carbono orgánico de pastos naturales altoandinos. 2021, Vol. 12, no.1.

**INCA.** Reservas de carbono orgánico en suelos de la llanura fluvial Calceta-Tosagua, Manabí, Ecuador. 2018, págs. 9-10.

**JIMÉNEZ, A. & KHALAJABADI, S.** LA DENSIDAD APARENTE Y SU RELACIÓN CON OTRAS PROPIEDADES EN SUELOS DE LA ZONA CAFETERA COLOMBIANA. 2005.

**KORANTENG, Addo; et al.** Multi-Temporal Study of Land Use Land Cover Changes. 2021, págs. 2-4.

**LIESL, Lefèvre; et al.** CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO el potencial oculto. Roma, Italia : s.n., 2017, págs. 1-7.

**LLERENA, Sergio; et al.** Multitemporal Analysis of Land Use and Land Cover within an Oil Block in the Ecuadorian Amazon. 2021, págs. 3-4.

**MANTEROLA, Carlos; et al.** Metodología de los tipos y diseños de estudio más frecuentemente utilizados en investigación clínica. 2019, Vol. 30, Num. 1.

**MARIÑO, Jeannette; et al.** *PLAN NACIONAL DE CALIDAD*. Quito : Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca, 2023. ISSN.

**MARTÍNEZ, Lilia & YÉPEZ, Verónica.** EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TURÍSTICO DE LA PARROQUIA LICTO, CANTÓN RIOBAMBA, ECUADOR. 2017.

**MATA, Miguel.** *Pastizales, ganadería extensiva y secuestro de carbono: estudio de caso en la Sierra de Guadarrama.* Guadarrama : s.n., 2022.

**MATUS, Maire.** RELACIÓN ENTRE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO, TEXTURA DEL SUELO Y TASAS DE MINERALIZACIÓN DE CARBONO Y NITRÓGENO. *Agricultura Técnica*, 2000, Vol. 60, 2.

**MEDINA, Felipe.** Mitigación del cambio climático mediante técnicas de la agricultura ecológica en España. 2008, pág. P. 135.

**MORALES, Nino & BRAVO, Frank.** *Teledetección Espacial.* Perú : GEOMÁTICA AMBIENTAL S.R.L., 2017.

**NÚÑEZ, Franklin; et al.** Cuantificación del carbono orgánico y materia orgánica en suelos no rizosféricos o cubiertos por *Avicennia germinans* (L.) y *Conocarpus erectus* (L.) emplazados en Boca de Uchire, laguna de Unare, Estado de Anzoátegui, Venezuela. 2021, Vol. vol. 1, núm. 66, pp. 340-366.

**OCAMPO, Danelly.** INVESTIGALIA. *INVESTIGALIA.* [En línea] 4 de Junio de 2019. <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-mixto-de-investigacion/>.

**ONU.** Las emisiones de CO2 rompen otro récord: un calentamiento global catastrófico amenaza el planeta. *Cambio climático y medioambiente.* 9 de Diciembre de 2020, pág. <https://news.un.org/es/story/2020/12/1485312>.

**ORJUELA, Burbano** El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. 2018, Vols. 34(1):82-96.

**OSORIO, Miguel; et al.** Suelos: Caracterización e importancia. 2022, Vol. Primera Edición, <http://cimogsys.esPOCH.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-01-18-140934-L2022-031.pdf>.

**PÁLIZ, Pablo.** Efecto de la altitud en el contenido de carbono orgánico en el suelo y hojarasca de la Reserva Biológica Uyuca, Zamorano, Honduras. 2017, Vol, 3, Num, 4.

**PEREZ, Juan.** Cambios de uso del suelo y su influencia en la agricultura de riego en el Subtrópico Mexicano. 2019, págs. vol. xix, núm. 61, 601-630. DOI: <http://dx.doi.org/10.22136/est20191357>.

**PULIDO, Humberto.** *Análisis y diseño experimental*. 2018. 970-10-6526-3.

**RAMOS, Carlos.** Los alcances de una investigación. 2020, Vol. 9, Num.3.

**RODRÍGUEZ N.; et al.** Cambio climático y su relación con el uso del suelo en los Andes colombianos. 2010, pág. 80.

**RUIZ, Veronica; et al.** Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993 – 2011. 2020, págs. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/814#:~:text=El%20an%C3%A1lisis%20multitemporal%20permite%20detectar,acci%C3%B3n%20humana%20sobre%20el%20medio.22-3.16>.

**SALINAS, Wilver; et al.** Análisis multitemporal de cambios de uso de la. 2020, págs. 4-2.

**SANTANDER, Sol; et al.** Degradación de estructura en un suelo agrogénico: análisis de factores incidentes, medidas de conservación asociadas. 2021, Vol. 30, 4.

**SILVA, Sandra; et al.** Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. 2021, Vol. 20, Num 2, pp. 17-29.

**SOSA, Breno & GARCÍA, Samanta.** Emission of greenhouse gases in the soil under the green manure effect. 2019, págs. 2-4. <file:///C:/Users/HP/Downloads/Dialnet-EmissionDeGasesDeEfectoInvernaderoEnElSueloBajoElUs-7128707.pdf>.

**TOLEDO, Milton.** MANEJO DE SUELOS ÁCIDOS DE LAS ZONAS ALTAS. Honduras : s.n., 2016.

**TULSMA.** ANEXO 2 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL DEL RECURSO SUELO Y CRITERIOS DE REMEDIACION PARA SUELOS CONTAMINADOS. Quito : Decreto Ejecutivo 3516, 2017. ISSN.

**VALERA, Vladimir.** *Cambio Climático en el Ecuador*, GREEN CLIMATE FUND PNUD, págs. 15-16. <https://idl-bnc-idrc.dspacedirect.org/bitstream/handle/10625/59247/59406.pdf>.

**VERHULST, Nele; et al.** Agricultura de conservación y captura de carbono en el suelo: Entre el mito y la realidad del agricultor. 2018, págs. 5-6.

**VILLAVICENCIO, Belén & Delli, Camila.** *Caracterización físico-química del suelo en cultivos de ciclo corto comunidad, Corazón de Jesús*. Riobamba : Unach, 2022.

**ZAMORA, Bertha; et al.** El manejo del suelo en la conservación de carbono orgánico. 2020, págs. 3-4.



## ANEXOS

### ANEXO A: ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS DE SUELO.

ZONA	SUELOS	COMUNIDAD	Humedad			Densidad aparente (g/ml)			Color			Textura		
			0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	0 – 10 cm	10 – 30 cm	30-60 cm	10 cm	30 cm	60 cm
ZONA ALTA	SUELO PASTO	Cecel Grande	69,06	69,71	66,21	1,1960 8	1,245 32	1,243 48	10YR Pardo oscuro	10YR Pardo oscuro	10YR Pardo oscuro	aF	aF	aF
		Llugshibug	73,43	69,15	69,56	1,1839 2	1,158 80	1,212 16	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	aF	aF	aF
		Lucero Loma	68,99	64,97	64,48	1,1088 4	1,109 20	1,053 68	10YR Pardo grisaceo	10YR Pardo grisaceo claro	10YR Pardo grisaceo	aF	aF	aF
	SUELO AGRÍCOLA	Cecel Grande	67,72	68,33	65,96	1,0886	1,226 32	1,148 32	10YR Pardo café	10YR Pardo café	10YR Pardo obscuro	aF	aF	aF
		Llugshibug	68,52	67,24	63,96	1,2078 4	1,154 64	1,172 76	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	aF	aF	aF
		Lucero Loma	65,34	67,67	60,75	1,1040 4	1,090 96	1,120 08	10YR Pardo muy grisaceo	10YR Pardo muy grisaceo	10YR Negro	aF	aF	aF
	SUELO BOSQUE	Cecel Grande	69,21	75,85	72,1	1,0882 4	1,227 32	1,293 44	10YR Maron	10YR Maron Grisaceo oscuro	10YR Maron	a	a	a
		Llugshibug	68,55	77,63	71,97	1,0420 8	1,187 20	1,204 44	10YR Gris Claro	10YR Gris Claro	10YR Gris Claro	a	a	a
		Lucero Loma	65,6	64,32	62,7	1,0559 2	1,067 32	1,045 76	10YR Grsi Claro	10YR Grsis	10YR Grsi Claro	a	a	a
ZONA MEDIA	SUELO PASTO	Tzimbuto-Quinchahúan	63,94	65,80 8	65,82	1,1486 4	1,194 74	1,162 88	10YR Pardo muy oscuro	10YR Pardo gricaseo oscuro	10YR Pardo muy oscuro	aF	aF	aF
		Cuello Loma	52,43	68,57	68,98	1,0808 4	1,166 52	1,098 58	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo café	10YR Pardo amarillado	aF	aF	aF
		Santa Ana de Guagñag	54,55	64,53	59,96	1,0274 2	1,086 78	1,012 68	10YR Pardo grisaceo muy obscuro	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo grisaceo obscuro	aF	aF	aF

	SUELO AGRÍCO LA	Tzimbuto-Quinchahúan	65,88	71,9	73,06	1,21438	1,24961	1,21588	10YR Pardo grisáceo obscuro	10YR Pardo grisáceo obscuro	10YR Pardo grisáceo obscuro	aF	aF	aF
		Cuello Loma	74,36	68,04	71,76	1,07766	1,07209	1,04276	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	aF	aF	aF
		Santa Ana de Guagñag	70,84	62,7	75,46	1,09537	1,06386	1,08906	10YR Pardo grisáceo	10YR Pardo grisáceo	10YR Pardo grisáceo	aF	aF	aF
	SUELO BOSQUE	Tzimbuto-Quinchahúan	63,82	69,15	74,45	1,065056	1,04570	1,07718	10YR Maron Grisáceo	10YR Maron Grisáceo	10YR Maron Grisáceo	F	F	F
		Cuello Loma	66,62	61,19	67,2	1,024688	1,00336	1,01256	10YR Gris Claro	10YR Gris Claro	10YR Gris	F	F	F
		Santa Ana de Guagñag	70,89	70,73	64,13	1,004712	1,21264	1,10264	10YR Gris	10YR Gris claro	10YR Gris	F	F	F
ZON ABAJA	SUELO PASTO	Molobog	75,39	74,77	69,67	1,13744	1,18093	1,17458	10YR Café pardo	10YR Pardo grisáceo	10YR Café pardo	aF	aF	aF
		Tusnshi San Nicolas	60,01	65,74	74,88	1,068856	1,15487	1,09850	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	10YR Pardo obscuro	aF	aF	aF
		Tunshi San Ignacio	61,42	62,92	73,09	1,12292	1,19744	1,23410	10YR Pardo grisáceo claro	10YR Pardo palido	10YR Pardo palido	aF	aF	aF
	SUELO AGRÍCO LA	Molobog	73,96	78,03	86,82	1,18832	1,20167	1,13360	10YR Pardo pálido	10YR Pardo café	10YR Pardo café	aF	aF	aF
		Tusnshi San Nicolas	73,17	69,31	66,51	1,20344	1,21024	1,29054	10YR Pardo café	10YR Pardo pálido	10YR Pardo pálido	aF	aF	aF
		Tunshi San Ignacio	74,44	73,63	67,78	1,234904	1,23222	1,22003	10YR Pardo café	10YR Pardo café	10YR Pardo café	aF	aF	aF
	SUELO BOSQUE	Molobog	71,96	85,77	76,26	1,078344	1,12229	1,16364	10YR Maron	10YR Maron	10YR Maron Grisáceo	aF	aF	aF
		Tusnshi San Nicolas	84,8	76,77	78,37	1,127276	1,20396	1,19520	10YR Gris	10YR Gris claro	10YR Gris claro	aF	aF	aF
		Tunshi San Ignacio	75,28	73,63	74,18	1,18554	1,13584	1,17694	10YR Gris Claro	10YR Gris Claro	10YR Gris	aF	aF	aF

\*aF(Franco arenoso), \*F(franco), \*a(arenoso)

**ANEXO B: ANÁLISIS QUÍMICOS DE MUESTRAS DE SUELO**

ZONA	SUELOS	COMUNIDAD	pH			CE (µS/cm)			%MO			%COS		
			0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm	0-10 cm	10-30 cm	30-60 cm
ZONA ALTA	SUELO PASTO	Cecel Grande	7,1	7,2	6,9	97,4	84,4	46,4	3,23	2,45	2,16	1,87	1,42	1,25
		Llugshibug	6,8	6,7	6,3	77,4	64,8	60,6	4,99	4,84	4,42	2,89	2,81	2,56
		Lucero Loma	7	6,6	7,0	83,4	81,2	80,5	5,3	5,16	4,99	3,07	2,99	2,89
	SUELO AGRÍCOLA	Cecel Grande	6,92	7,18	7,09	50,38	54,67	58,46	4,03	3,54	2,05	2,34	2,05	2,05
		Llugshibug	6,65	6,95	7,16	45,89	52,71	61,45	5,89	6,64	4,00	3,42	3,85	4,00
		Lucero Loma	6,45	6,43	6,72	37,26	38,83	38,91	5,48	2,64	2,93	3,18	1,53	1,70
	SUELO BOSQUE	Cecel Grande	7,17	7,92	7,99	112,3	179,00	182,40	5,66	2,75	2,43	3,28	1,59	1,41
		Llugshibug	6,66	7,64	7,66	107,2	132,50	146,40	5,76	4,83	4,63	3,34	2,80	2,69
		Lucero Loma	6,41	6,54	6,52	166,54	172,16	183,16	6,11	4,86	4,46	3,55	2,82	2,59
ZONA MEDIA	SUELO PASTO	Tzimbuto-Quincahúan	8,49	8,1	8,1	167,60	137,80	132,10	2,53	3,10	3,26	1,47	1,80	1,89
		Cuello Loma	7,45	7,4	7,4	136,40	135,90	98,56	6,93	4,54	4,44	4,02	2,63	2,58
		Santa Ana de Guagñag	6,42	6,7	6,8	128,20	86,62	83,02	8,4	6,33	5,91	4,87	3,67	3,43
	SUELO AGRÍCOLA	Tzimbuto-Quincahúan	7,49	7,4	7,3	64,52	70,79	81,57	1,63	2,67	5,59	0,94	1,55	3,24
		Cuello Loma	7,59	7,6	7,9	124,00	150,65	165,00	4,76	4,75	5,28	2,76	2,76	3,07
		Santa Ana de Guagñag	7,41	7,7	8,0	165,70	220,10	244,30	1,97	2,10	2,72	1,14	1,22	1,58
	SUELO BOSQUE	Tzimbuto-Quincahúan	6,69	7,58	7,49	246,20	541,60	518,50	5,21	4,65	4,10	3,02	2,69	2,38
		Cuello Loma	6,71	6,75	6,87	122,80	142,30	188,87	6,32	5,41	4,55	3,67	3,24	2,61
		Santa Ana de Guagñag	6,68	6,82	7,31	179,20	194,30	254,30	6,34	2,77	3,61	3,68	1,61	2,09
ZON ABAJA	SUELO PASTO	Molobog	7,41	7,51	7,33	173,50	132,80	108,80	5,19	4,06	3,89	3,01	2,36	2,26

		Tusnshi San Nicolas	7,07	6,75	6,78	229,50	142,20	132,20	4,7	3,98	2,95	2,73	2,31	1,71
		Tunshi San Ignacio	5,56	7,13	7,00	59,83	47,23	43,01	4,07	3,60	3,23	2,36	2,09	1,88
	SUELO AGRÍCOLA	Molobog	7,41	7,78	6,73	263,50	189,20	125,60	4,82	4,23	4,42	2,80	2,45	2,56
		Tusnshi San Nicolas	6,84	7,07	6,85	503,70	229,30	188,10	3,91	3,02	2,36	2,27	1,75	1,37
		Tunshi San Ignacio	6,57	6,68	6,95	125,80	113,90	87,57	3,61	3,61	3,59	2,10	2,10	2,08
	SUELO BOSQUE	Molobog	6,48	6,73	7,22	229,90	165,10	138,10	8,59	5,12	5,18	4,98	2,97	3,01
		Tusnshi San Nicolas	6,77	7,43	8,16	189,20	148,70	146,80	2,66	2,70	1,68	1,54	1,57	0,98
		Tunshi San Ignacio	7,45	7,74	8,80	156,80	171,00	298,10	4,11	3,60	3,11	2,39	2,09	1,80

**ANEXO C: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS EN CAMPO**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 	
<p><b>NOTAS</b></p> <p>a) Muestreo en suelos pastizales.  b) Muestreo en zonas de suelos agrícolas.  c) Muestro de suelos de Bosque.  d) Muestreo de suelos agrícolas en zona alta.</p>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO  PROYECTO DE INVESTIGACIÓN NO  EXPERIMENTAL  “EVALUACIÓN DE CARBONO  ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO DE  SUELO MEDIANTE ANÁLISIS  MULTITEMPORAL DE LA  PARROQUIA LICTO, PROVINCIA  DE CHIMBORAZO.”</b></p>	<p><b>ESPOCH</b>  FACUTAD DE CIENCIAS  ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS  ING. EN AMBIENTAL</p>		
		<p><b>LAMINA:</b> 1</p>	<p><b>ESCALA:</b> 1:10</p>	<p><b>FECHA:</b> 17/10/2023</p>

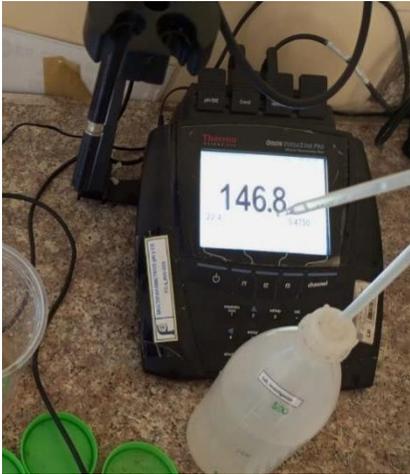
**ANEXO D: TOMA DE MUESTRAS**

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	 <p>c)</p>	 <p>d)</p>	
<p><b>NOTAS</b></p> <p>a) Perfiles de suelo a profundidades de 10, 30 y 60 cm.</p> <p>b) Método del cuadrante para tomar muestras.</p> <p>c) 1kg de muestras en fundas Zimploc.</p> <p>d) Secado y etiquetado de muestras.</p>	<p><b>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL “EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO DE SUELO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA PARROQUIA LICTO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”</b></p>	<p align="center"><b>ESPOCH</b>          FACUTAD DE CIENCIAS          ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS          ING. EN AMBIENTAL</p>		
		<p><b>LAMINA:</b> 2</p>	<p><b>ESCALA:</b> 1:10</p>	<p><b>FECHA:</b> 17/10/2023</p>

**ANEXO E: ANÁLISIS FÍSICOS DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 	
<p><b>NOTAS</b></p> <p>a) Determinación de humedad por el método gravimétrico.</p> <p>b) Determinación de Densidad aparente por el método volumétrico.</p> <p>c) Determinación de color con la tabla Munsell.</p> <p>d) Determinación de Textura por el método del tacto.</p>	<p>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL  <b>“EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO DE SUELO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA PARROQUIA LICTO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”</b></p>	<p align="center"><b>ESPOCH</b>          FACUTAD DE CIENCIAS          ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS          ING. EN AMBIENTAL</p>		
		<p><b>LAMINA:</b> 3</p>	<p><b>ESCALA:</b> 1:10</p>	<p><b>FECHA:</b> 17/10/2023</p>

**ANEXO F: ANÁLISIS QUÍMICO DE LAS MUESTRAS**

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 	
<p>NOTAS</p> <p>a) Determinación de pH.</p> <p>b) Determinación de Conductividad Eléctrica.</p> <p>c) Determinación de Materia Orgánica.</p> <p>d) Determinación de Carbono Orgánico.</p>	<p>TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO PROYECTO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL</p> <p><b>“EVALUACIÓN DE CARBONO ORGÁNICO Y CAMBIOS DE USO DE SUELO MEDIANTE ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE LA PARROQUIA LICTO, PROVINCIA DE CHIMBORAZO.”</b></p>	<p><b>ESPOCH</b></p> <p>FACUTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS</p> <p>ING. EN AMBIENTAL</p>		
		<p><b>LAMINA:</b></p> <p>4</p>	<p><b>ESCALA:</b></p> <p>1:10</p>	<p><b>FECHA:</b></p> <p>17/10/2023</p>